

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO

DANIELA KARLA MEDEIROS VASCONCELOS

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO CREMOSO CAPRINO POTENCIALMENTE
PROBIÓTICO ADICIONADO DE *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 E FARINHA
DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*)**

João Pessoa

2022

DANIELA KARLA MEDEIROS VASCONCELOS

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO CREMOSO CAPRINO POTENCIALMENTE
PROBIÓTICO ADICIONADO DE *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 E FARINHA
DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*)**

João Pessoa

2022

DANIELA KARLA MEDEIROS VASCONCELOS

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO CREMOSO CAPRINO POTENCIALMENTE
PROBIÓTICO ADICIONADO DE *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 E FARINHA
DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição do Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências da Nutrição.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elieidy Gomes de Oliveira

João Pessoa

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

V331d Vasconcelos, Daniela Karla Medeiros.

Desenvolvimento de queijo cremoso caprino
potencialmente probiótico adicionado de
Lactiplantibacillus plantarum CNPC003 e farinha de
xique-xique (Pilosocereus gounellei) / Daniela Karla
Medeiros Vasconcelos. - João Pessoa, 2022.

146 f. : il.

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

1. Queijo de cabra. 2. Probióticos. 3. Farinha de
xique-xique (Cactaceae). 4. Lactobacillus plantarum. 5.
Leite de cabra. 6. Fermentação. I. Oliveira, Maria
Elieidy Gomes de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 637.352+636.39(043)

DANIELA KARLA MEDEIROS VASCONCELOS

**DESENVOLVIMENTO DE QUEIJO CREMOSO CAPRINO POTENCILMENTE
PROBIÓTICO ADICIONADO DE *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 E FARINHA
DE XIQUE-XIQUE (*Pilosocereus gounellei*)**

Tese aprovada em 29 de setembro 2022.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Elieidy Gomes de Oliveira – DN/CCS/UFPB
Presidente da Banca Examinadora



Profa. Dra. Estefânia Fernandes Garcia – DG/CTDR/UFPB
Examinadora Interna



Prof. Dr. Evandro Leite de Souza – DN/CCS/UFPB
Examinador Interno



Profa. Dra. Tatiane Santi Gadelha – DBM/CCEN/UFPB
Examinadora Externa



Profa. Dra. Juliana Kessia Barbosa Soares – UAS/CES/UFCG
Examinadora Externa

Aos meus pais, Jane e Edvaldo, por todo amor e dedicação.

Ao meu esposo, Gustavo Rodrigues, pelo incentivo, amor e confiança.

Ao meu filho, Cauã, que deu um sentido especial a minha existência.

À minha eterna Profª Drª Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga (in memoriam), pelo exemplo de amor e generosidade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me conduzido durante esta caminhada.

A meus pais, Jane e Edvaldo, por tudo que representam para mim. Agradeço pelo amor incondicional, dedicação, preocupação, apoio e incentivo.

A meu esposo, Gustavo Rodrigues, pelo incentivo, paciência e apoio, compartilhando momentos de alegria e me ajudando a vencer e superar todos os momentos difíceis enfrentados durante a realização desse trabalho. Obrigada por tudo, meu amor!

Ao meu querido filho, Cauã, pelo amor mais puro e verdadeiro que existe, pela compreensão durante as minhas ausências e por ser luz em minha vida.

As minhas irmãs, Yêda e Rafaela, por todo amor, torcida, ajuda e companheirismo, vocês são as melhores irmãs que alguém poderia ter. Amo vocês.

A minha tia Janeide, por se fazer sempre presente em minha vida, orando por mim e me dando todo suporte que precisei ao longo desses anos.

A minha tia Núbia, por ter acreditado e investido nos meus estudos, me impulsionando a crescer. Gratidão por todos os conselhos e ensinamentos.

À minha eterna orientadora Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga (*in memoriam*), pelo exemplo de ser humano, por seu carinho, atenção, paciência, compreensão, conselhos e confiança para a realização desta pesquisa. Agradeço por todos os momentos compartilhados ao seu lado. Levo em meu coração a sua sementinha de amor e gratidão.

À minha querida orientadora, Prof.^a Dr.^a Maria Elieidy Gomes de Oliveira, por ter me acolhido quando tudo parecia não fazer mais sentido. Obrigada por todo cuidado, orientação, carinho, suporte, generosidade, por ser gigante e trasbordar força, amor e amizade. Você foi essencial em muitos momentos da minha pesquisa, especialmente, na finalização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição da Universidade Federal da Paraíba (PPGCN/UFPB), pela oportunidade de realização do doutorado, bem como a todos os professores que fazem parte e aos secretários, seu Carlos e seu Marcos, por todo apoio e disponibilidade em ajudar em todos os momentos.

Aos técnicos do Laboratório de Bromatologia e Técnica Dietética do Centro de Ciências da Saúde da UFPB, em especial, Guilherme e Cecília, pelo auxílio na condução das análises, bem como pelo carinho e amizade.

A todos que fazem parte do laboratório de Microbiologia dos Alimentos, em especial a Prof.^a Dra. Maria de Lucia Conceição, pelo acolhimento sempre especial e disponibilidade, ao Prof. Dr. Evandro Leite de Souza, às técnicas Heloisa e Sônia, por toda ajuda e atenção.

À Prof.^a Dr.^a Marta Madruga e demais colaboradores do Laboratório de Análises de Ácidos Graxos - LAAG e Laboratório de Flavor - LAF do Centro de tecnologia da UFPB, em especial a Lorena e Mércia, pelo apoio na condução das análises.

A todos que fazem parte do Laboratório de Química de Proteínas e Peptídeos (LQPP), em especial a Prof.^a Dr.^a Tatiane Santi Gadelha, e Isabel Campos, técnica do laboratório, por toda ajuda, dedicação e atenção.

Ao ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos – SP) e a Prof. Dra. Maria Teresa Bertoldo pela parceria essencial para a execução deste trabalho.

À minha turma do doutorado do PPGCN, em especial à Gabrielle, por todo companheirismo. Foram boas risadas, confidências, preocupações compartilhadas, medos e angústias.

Às colegas Nayara, Dalyane e Fabrícia, obrigada pelos conhecimentos, apoio e disponibilidade em ajudar em todos os momentos.

Aos colegas de trabalho que sempre me deram palavras de incentivo e contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho pudesse ser realizado, em especial a Profa. Angeluze Soares, e as Nutricionistas Gildalara Costa e Ilsy Medeiros.

Aos componentes da minha banca examinadora, pelas valiosas considerações e correções para o enriquecimento e aperfeiçoamento da tese.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, aqui fica o meu agradecimento.

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”.

Cora Coralina

RESUMO

O leite de cabra é uma matriz alimentar rica em nutrientes que promovem benefícios à saúde humana. O interesse no desenvolvimento de novos produtos utilizando leite caprino está associado ao seu alto valor nutricional e melhora na sua aceitação sensorial a partir da aplicação de processos tecnológicos. Os queijos se destacam entre os derivados lácteos por proporcionar um ambiente favorável. Além da adição de bactérias probióticas, a utilização de ingredientes ricos em fibras, compostos fenólicos e minerais, a exemplo de produtos derivados de cactáceas, seria uma estratégia tecnológica de agregar valor nutricional e bioativo a derivados lácteos caprinos. Entre as cactáceas já catalogadas, *Pilosocereus gounellei*, popularmente conhecido como xique-xique, possui atividades anti-inflamatória e antioxidante. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo desenvolver queijo cremoso caprino adicionado de *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique e avaliar o impacto da adição desses ingredientes nas características tecnológicas, físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e nos perfis de proteína, ácidos graxos, açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis, durante 21 dias de armazenamento refrigerado. Para tanto, foram elaboradas quatro formulações de queijo cremoso: controle (CC), com *L. plantarum* CNPC003 (PC), com farinha de xique-xique (XC), e com *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique (PXC). Ao final do armazenamento, XC e PXC apresentaram a tonalidade verde amarelada, com menor brilho, provavelmente devido a presença da farinha de xique-xique. PC e PXC apresentaram menor firmeza e adesividade, bem como maior elasticidade, coesividade e gomosidade quando comparados a CC e XC. Durante o armazenamento, houve aumento da acidez, com concomitante redução do pH, principalmente em PXC. Houve redução do teor de proteínas totais, com concomitante aumento do total de aminoácidos livres (TFAA) ao longo do armazenamento, sendo esse comportamento mais expressivo em PC e PXC. Ao final da vida de prateleira, a adição combinada de *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique resultou em maiores contagens de células viáveis (contagens > 7 log UFC/g) quando comparado a PC, o que pode ser atribuído ao efeito estimulador que a farinha de xique-xique promoveu. A adição de farinha de xique-xique combinada ou não com *L. plantarum* impactou na percepção dos atributos cor e textura, de acordo com a escala do ideal; todavia, isso parece não ter afetado a aceitação das formulações, cujas notas para a maioria dos atributos sensoriais avaliados estiveram entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” a “gostei muito”. XC e PXC, após 21 dias de armazenamento, apresentaram menor teor de ácido palmítico (C16:0) com consequente diminuição do índice de trobosidade (IT). No primeiro dia de armazenamento, PXC apresentou maior teor de ácidos graxos desejáveis (DFA) e maior de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), o que provavelmente contribuiu para menor índice de aterogenicidade (IA) e de ácidos graxos saturados hipercolesterolêmico (HSFA). Como em todo processo fermentativo, houve hidrólise de lactose, com liberação de galactose e glicose ao longo do armazenamento, sendo que esses açúcares foram mais consumidos (teores reduzidos) na formulação PXC. A fermentação desses açúcares provavelmente levou a maior produção de ácidos orgânicos, principalmente de ácido lático. No total foram detectados 17 compostos voláteis para a maioria das formulações, sendo que α -copaene e (+)- δ -cadinene foram detectados apenas em XC e trans-2-decenal apenas em PXC. Houve aumento de alguns compostos voláteis em PXC durante o armazenamento, enquanto as demais formulações não sofreram alterações significativas. Os resultados sugerem que a adição de *L. plantarum* CNPC003 juntamente com a farinha de xique-xique podem ser utilizados para produzir queijo cremoso caprino, agregando valor nutricional e funcional ao produto.

Palavras-chave: queijo de cabra, probiótico, Cactaceae, *L. plantarum*, perfil de textura, perfil de aminoácidos, fermentação, perfil volatilômico

ABSTRACT

Goat milk is a food matrix rich in nutrients that provide benefits to human health. The interest in the development of new products using goat milk is associated with its high nutritional value and improves its sensory acceptance through the application of technological processes. Cheeses stand out among dairy products for providing a favorable environment. In addition to the addition of probiotic bacteria, the use of ingredients rich in fiber, phenolic compounds and minerals, such as products derived from cactus, would be a technological strategy to add nutritional and bioactive value to goat dairy products. Among the cacti already cataloged, *Pilosocereus gounellei*, popularly known as xique-xique, has anti-inflammatory and antioxidant activities. In this context, this study aimed to develop goat cream cheese added with *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour and to evaluate the impact of the addition of these ingredients on the technological, physico-chemical, microbiological, sensory and protein profiles, fatty acids, sugars, organic acids and volatile compounds, during 21 days of refrigerated storage. For that, four cream cheese formulations were prepared: control (CC), with *L. plantarum* CNPC003 (PC), with xique-xique flour (XC), and with *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (PXC). At the end of storage, XC and PXC showed a yellowish green hue, with less brightness, probably due to the presence of xique-xique flour. PC and PXC showed lower firmness and adhesiveness, as well as greater elasticity, cohesiveness and gumminess when compared to CC and XC. During storage, there was an increase in acidity, with a concomitant reduction in pH, mainly in PXC. There was a reduction in total protein content, with a concomitant increase in total free amino acids (TFAA) during storage, this behavior being more expressive in PC and PXC. At the end of the shelf life, the combined addition of *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour resulted in higher viable cell counts (counts > 7 log CFU/g) when compared to PC, which can be attributed to the stimulatory effect that the xique-xique flour promoted. The addition of xique-xique flour combined or not with *L. plantarum* impacted the perception of color and texture attributes, according to the ideal scale; however, this does not seem to have affected the acceptance of the formulations, whose scores for most of the sensory attributes evaluated were between the hedonic terms “liked slightly” to “liked very much”. XC and PXC, after 21 days of storage, showed a lower content of palmitic acid (C16:0) with a consequent decrease in the tribosity index (TI). On the first day of storage, PXC had a higher content of desirable fatty acids (DFA) and a higher content of polyunsaturated fatty acids (PUFA), which probably contributed to a lower atherogenicity (AI) and hypercholesterolemic saturated fatty acid (HSFA) index. As in any fermentation process, there was lactose hydrolysis, with the release of galactose and glucose during storage, and these sugars were more consumed (reduced levels) in the PXC formulation. Fermentation of these sugars probably led to higher production of organic acids, mainly lactic acid. In total, 17 volatile compounds were detected for most formulations, and α -copaene and (+)- δ -cadinene were detected only in XC and trans-2-decenal only in PXC. There was an increase in some volatile compounds in PXC during storage, while the other formulations did not undergo significant changes. The results suggest that the addition of *L. plantarum* CNPC003 together with xique-xique flour can be used to produce goat cream cheese, adding nutritional and functional value to the product.

Keywords: Goat cheese, probiotic, Cactaceae, *L. plantarum*, texture profile, amino acid profile, fermentation, volatilomômico profile.

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DA TESE

Figura 1 - <i>Pilosocereus gounellei</i> (xique-xique).	36
Figura 2 - Desenho experimental.	40
Figura 3 - Estrutura do xique-xique.	42
Figura 4 - Talo central de xique-xique seco e farinha de xique-xique.	43
Figura 5 - Principais etapas do processo de produção de queijo cremoso.	45
Figura 6 – Queijo cremoso caprino.	46

FIGURAS DO ARTIGO 1

Figure 1. Soluble protein of creamy goat cheese.....	102
Figure 2. SDS-PAGE profiles of goat cream cheese.....	103
Figure 3. Viability of <i>L. plantarum</i> CNPC003 in goat cream cheese formulations during cold storage.....	104

LISTA DE QUADROS

QUADROS DA TESE

Quadro 1 - Resumo de estudos sobre avaliação da sobrevivência dos probióticos para diferentes tipos de queijos após a fabricação e durante o armazenamento e amadurecimento.24

Quadro 2 - Utilização de *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) para fins alimentícios.....38

LISTA DE TABELAS

TABELAS DO ARTIGO 1

Table 1. Yield, color parameters and texture profile of creamy goat cheese during 21 days of refrigerated storage.	95
Table 2. Chemical composition and physicochemical characteristics of creamy goat cheese during 21 days of cold storage.	97
Table 3. Concentrations of free amino acids (FAA; mg/100 g) of creamy goat cheese during 21 days of cold storage.	98
Table 4. Acceptance test and purchase intention of the goat cream cheese formulations.	100
Table 5. Just about right (JAR) results for the goat cream cheese formulations.	101

TABELAS DO ARTIGO 2

Table 1. Fatty acid profile of goat cream cheese.	127
Table 2. Sugar and Organic acids profile of goat cream cheese.	130
Table 3. Volatile compounds in goat cream cheese.	131

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 LEITE DE CABRA.....	19
2.2 QUEIJOS COMO MATRIZES ALIMENTARES PARA INSERÇÃO DE PROBIÓTICOS	21
2.3 PRINCIPAIS VIAS BIOQUÍMICAS EM QUEIJO	28
2.3.1 Glicólise	29
2.3.2 Proteólise.....	30
2.3.3 Lipólise	31
2.4 MICRORGANISMOS PROBIÓTICOS	32
2.4.1 <i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	33
2.5 CACTACEAE	34
2.5.1 <i>Pilosocereus gounellei</i>	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	40
3.2 LOCAIS DE EXECUÇÃO DA PESQUISA.....	41
3.3 ELABORAÇÃO DA FARINHA DE XIQUE-XIQUE.....	42
3.3.1 Material vegetal.....	42
3.3.2 Elaboração da farinha de xique-xique	43
3.4 ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO QUEIJO CREMOSO CAPRINO	43
3.4.1 Materiais	43
3.4.2 Preparação do inóculo de <i>L. plantarum</i> CNPC003	44
3.4.3 Elaboração das formulações de queijo cremoso caprino	44
3.4.4 Caracterização das formulações de queijo cremoso caprino	46
3.4.4.1 Análises tecnológicas	46
3.4.4.2 Análises físicas e físico-químicas.....	47
3.4.4.3 Perfil proteico	47
3.4.4.3.1 Determinação de proteína solúvel	47

3.4.4.3.2	Análise do perfil eletroforético	47
3.4.4.3.3	Perfil de aminoácidos totais e livres	48
3.4.4.4	Perfil de açúcares e ácidos orgânicos	48
3.4.4.5	Perfil de ácidos graxos	49
3.4.4.6	Perfil de voláteis	50
3.4.4.7	Controle de qualidade higiênico-sanitária e viabilidade de <i>Lactobacillus</i> ssp.....	51
3.4.4.8	Análise sensorial.....	51
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
4	RESULTADOS	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A – Artigo 1	69
	APÊNDICE B – Artigo 2	105
	APÊNDICE C – Teste de Aceitação e Intenção de Compra.....	133
	APÊNDICE D – Teste de JAR (<i>Just About Right</i>), Escala do Ideal.....	134
	APÊNDICE E – Termo de consentimento livre e esclarecimento.....	138
	ANEXO A – Parecer substanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.....	140
	ANEXO B – Patente de invenção: Queijo cremoso caprino probiótico adicionado de farinha de cactácea.	143

1 INTRODUÇÃO

O leite de cabra possui rica composição nutricional que promove diversos benefícios à saúde humana (VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019). O interesse no desenvolvimento de novos produtos utilizando essa matriz está associado ao seu alto valor nutricional e como estratégia para melhorar a sua aceitação sensorial a partir da aplicação de processos tecnológicos (ROLIM *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2021). Uma das técnicas aplicadas em laticínios é o processo de fermentação do leite, com obtenção de leites fermentados e queijos, sendo que esses últimos se destacam entre os derivados lácteos, por ser uma matriz favorável para a manutenção da viabilidade de cepas probióticas até o momento de seu consumo (FELICIO *et al.*, 2016; ROLIM *et al.*, 2020). O queijo cremoso é um queijo fresco caracterizado por ter uma consistência fina e cremosa, sabor suave e levemente azedo, sendo acidificado por culturas mesofílicas iniciadoras (BARBOSA *et al.*, 2016; KRISHNAKANTH; BIKASH, 2020). O desenvolvimento de queijo cremoso caprino pode ser um processo biotecnológico potencial para veicular culturas probióticas.

Dentre os benefícios da ingestão de probióticos por parte dos consumidores estão a redução do colesterol (DING *et al.*, 2017), modulação da microbiota intestinal, prevenção de doenças gastrointestinais (MUGARAB-SAMEDIA *et al.*, 2017) e auxílio no tratamento da obesidade e diabetes mellitus (BAGAROLLI *et al.*, 2017). Probióticos são microrganismos vivos que podem atuar como agentes tecnológicos, melhorando as características de uma matriz alimentar, assim como agentes terapêuticos, promovendo efeitos benéficos quando consumidos em quantidades adequadas (FAO/WHO, 2002; HILL *et al.*, 2014).

O gênero *Lactobacillus* é citado como o microrganismo probiótico mais utilizado na produção de alimentos funcionais (LI *et al.*, 2020), com destaque para a espécie *Lactiplantibacillus plantarum* que está associada a vários benefícios para a saúde (ABDELAZEZ *et al.* 2018), como melhora do equilíbrio da microflora intestinal (KASSAYOVA *et al.*, 2014), regulação do sistema imunológico (MAEDA *et al.*, 2014), redução dos níveis de colesterol (DUCROTTÉ; SAWANT; JAYANTHI, 2012) e redução do risco de câncer (NGUYEN; KANG; LEE, 2007).

A busca por novas cepas de bactérias lácticas probióticas isoladas de produtos alimentares crus e fermentados pode revelar estirpes com promissoras propriedades funcionais e tecnológicas (VIZOSO-PINTO *et al.*, 2006; GALDINO *et al.*, 2021). Em estudo prévio, *L. plantarum* CNPC003 (anteriormente *L. plantarum* B12), isolada de leite e queijo caprino, apresentou capacidade proteolítica, de acidificação e coagulação do leite, e produção de

diacetil, reunindo características de aptidão tecnológica e aplicabilidade promissora na produção de produtos lácteos (ABREU, 2015; MORAES, 2017). Essa cepa tem sido relatada para maior produção de exopolissacarídeo (EPS) com propriedades antioxidantes e com grande potencial para aplicação na indústria alimentícia (BOMFIM *et al.*, 2020); para melhor desempenho fermentativo quando combinada com *Streptococcus thermophilus* e inulina (GALDINO *et al.*, 2021) e se mostrou viável ao longo do armazenamento e digestão simulada, sem afetar os atributos sensoriais e físico-químicos quando adicionada em uma bebida não fermentada feita com a mistura de banana, morango e juçara (RIBEIRO *et al.*, 2020).

Além da adição de bactérias probióticas, a utilização de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), definidas como espécies alimentares que têm uma ou mais partes com potencial alimentar e uso não comum, a exemplo de cactáceas, seria uma estratégia tecnológica de agregar valor nutricional e bioativo a derivados lácteos caprinos (BALDERMANN *et al.*, 2016; INFANTE *et al.*, 2016; ASSIS *et al.*, 2019). As PANC têm recebido grande atenção pelos consumidores e para uso em processos biotecnológicos industriais. No Brasil, diversas PANC são utilizadas para consumo alimentar (BARREIRA *et al.*, 2015; BORTOLOTTI *et al.*, 2015; LEAL; ALVES; HANAZAKI, 2018), no entanto, em algumas regiões da Caatinga no Nordeste do Brasil, grande parte destas plantas encontram-se em desuso ou são subutilizadas (NASCIMENTO *et al.*, 2012; CHAVES; MORAIS; BARROS, 2017).

Inserido na família das cactáceas, o *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. ex Rowl), denominado popularmente de xique-xique, é uma das espécies mais abundantes presente na região semiárida do Nordeste brasileiro, constituindo um recurso natural com importante contribuição para a subsistência das populações locais (MONTEIRO *et al.*, 2015) e tem sido utilizada para diversos fins, incluindo alimentício e medicinal (ARAÚJO *et al.*, 2021). Estudos *in vivo* já demonstraram os efeitos protetores e anti-inflamatórios de xique-xique em edema na pata de ratos (DIAS *et al.*, 2015), em modelos de indução de colite (ASSIS *et al.*, 2019), bem como efeitos gastroprotetores (SOUSA *et al.*, 2018). Desta forma, a exploração dos constituintes do xique-xique e seu potencial para uso no desenvolvimento de novos produtos precisa ser explorado (DIAS *et al.*, 2015).

Em produtos alimentícios, o uso de xique-xique ainda é pouco explorado. Porém, estudos recentes demonstraram o seu potencial na elaboração de massa fresca enriquecida com farinha de xique-xique (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019), barras de cereais com farinha de xique-xique (ARAÚJO; REIS; OLIVEIRA, 2019), sucos de xique-xique (ASSIS *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2020), iogurte caprino com geleia de xique-xique (BEZERRIL *et al.*, 2021),

iogurte probiótico caprino adicionado de farinha de xique-xique (DANTAS *et al.*, 2022) e cookies com farinha de xique-xique (MACHADO *et al.*, 2021).

Até o momento, pesquisas referentes à adição da cultura potencialmente probiótica de *L. plantarum* CNPC003 em produtos lácteos ainda são pouco exploradas, não havendo estudos direcionados a sua adição em queijo de cabra cremoso, bem como o enriquecimento deste tipo de queijo com farinha de xique-xique. Neste contexto, objetivou-se desenvolver queijo cremoso caprino adicionado de cultura láctica autóctone com potencial probiótico (*L. plantarum* CNPC003) e farinha de xique-xique e avaliar o impacto da adição desses ingrediente nos parâmetros tecnológicos, nutricionais, químicos, microbiológicos e sensoriais do queijo cremoso caprino durante o armazenamento refrigerado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEITE DE CABRA

O leite de cabra é um produto lácteo cada vez mais importante em todo mundo. Dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) mostram que o leite de cabra é a terceira variedade mais produzida no mundo, atrás do leite de vaca e de búfala. O rebanho caprino mundial em 2018 era na cifra de 1 bilhão de cabeças, com uma produção de leite de 18.712.088 milhões de toneladas, sendo a Ásia, África e Europa os maiores produtores de leite de cabra (FAOSTAT, 2020). Embora a produção de leite de cabra na América ainda seja pequena, os dados apontam para um aumento substancial, visto que a produção de leite de cabra mais que dobrou nas últimas décadas, com as tendências do mercado sugerindo um aumento de 53% até 2030 (PULINA *et al.*, 2018).

A produção de leite de cabra no Brasil atingiu aproximadamente 270 milhões de toneladas no ano de 2018, representando 1,5% de toda a produção mundial (FAOSTAT, 2020). A Região Nordeste contribui com 70% da produção nacional de leite de cabra, destacando-se o estado da Paraíba, maior produtor do Brasil, com uma produção diária de 15 mil litros (IBGE, 2017). Entretanto, observa-se ainda uma baixa produtividade dos rebanhos, principalmente quando comparada com outros países da Europa, que detêm rebanhos menores que o brasileiro, mas apresentam consideráveis produções leiteiras (FAOSTAT, 2020).

O crescente interesse do consumidor pelo leite de cabra está relacionado aos benefícios nutricionais oferecidos por esse produto e seus derivados (CLARK; GARCÍA, 2017; CHÁVEZ-SERVÍN *et al.*, 2018). O consumo do leite de cabra também tem sido relacionado a efeitos benéficos à saúde devido à presença de compostos, como peptídeos e lipídios bioativos (ácidos linolólicos conjugados) e outros componentes bioativos (hormônios, citocinas, oligossacarídeos, nucleotídeos e componentes menores), que podem ter um papel importante no desenvolvimento e manutenção de processos metabólicos, imunológicos e fisiológicos (ABEIJÓN MUKDSI *et al.*, 2013; ASSIS *et al.*, 2016; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

De um modo geral, a composição do leite de cabra varia de acordo com fatores genéticos, fisiológicos, condições ambientais e de manejo, podendo existir, inclusive, uma grande variabilidade na composição entre animais da mesma raça (MAYER; FIECHTER, 2012; SANTOS *et al.*, 2016). Embora apresente composição semelhante ao leite de vaca no que diz respeito às concentrações de proteína, gordura e lactose, o leite de cabra possui diferenças

importantes que afetam sua digestibilidade e valor nutricional. As diferenças entre a estrutura secundária das proteínas, composição de aminoácidos e as propriedades químicas do leite de cabra colaboram na redução do seu potencial alergênico quando comparado ao leite de vaca (CLARK; GARCÍA, 2017; VERRUCK *et al.*, 2017; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

A fração lipídica é considerada o componente mais importante da constituição geral dos produtos lácteos em termos de custo, características nutricionais, físicas e sensoriais (HAENLEIN, 2004; PARK *et al.*, 2007; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019). No leite de cabra, os lipídios são compostos principalmente de triacilgliceróis (98% do total de lipídios), e pequenas quantidades de fosfolipídios (1%), colesterol e seus ésteres (1%) (VIEITEZ *et al.*, 2016; RANADHEERA *et al.*, 2019). Os glóbulos de gordura apresentam tamanho médio menor (2,5 a 3 μm), em comparação com o leite bovino (3 a 4 μm), possibilitando uma dispersão de maneira mais uniforme na emulsão lipídica e um número relativamente maior de glóbulos gordurosos por mL (HODGKINSON *et al.*, 2018; YURCHENKO *et al.*, 2018; RANADHEERA *et al.*, 2019). Devido ao tamanho pequeno dos glóbulos de gordura e à ausência de aglutinina, que facilita a coalescência do glóbulo de gordura após o resfriamento, o leite de cabra normalmente tem uma capacidade de desnaturação mais baixa que o leite bovino (VERRUCK *et al.*, 2017; RANADHEERA *et al.*, 2019).

Em relação aos perfis de ácidos graxos, os ácidos butírico (C4:0), caproico (C6:0), caprílico (C8:0) e cáprico (C10:0) são típicos do leite caprino e fazem com que os produtos derivados apresentem sabor e aroma característicos, tornando-os sensorialmente distintos (VIEITEZ *et al.*, 2016; YURCHENKO *et al.*, 2018). Além disso, o leite de cabra contém uma proporção significativa de ácido linoléico conjugado (CLA) que tem sido associado a vários benefícios fisiológicos (CEBALLOS *et al.*, 2009; SLACANAC *et al.*, 2010; YURCHENKO *et al.*, 2018; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

O conteúdo de proteínas do leite de cabra é representado por 74% de caseína, quase 17% por proteínas do soro de leite e 9% por compostos nitrogenados não proteicos (AL-SAADI; SHAKER; USTUNOL, 2014). Como no leite de vaca, as caseínas são formadas principalmente por β -caseína, κ -caseína, α -s1caseína e α -s2 caseína, e as proteínas do soro por β -lactoglobulina, α -lactalbumina, albumina sérica e imunoglobulinas (BALTHAZAR *et al.*, 2017; RANADHEERA *et al.*, 2019; VERRUCK; DANTAS; PRUDENCIO, 2019).

Outro aspecto importante em relação às proteínas do leite de cabra é sua menor capacidade alergênica. Chatchatee *et al.* (2001) e Ruiter *et al.* (2006) relataram que as principais proteínas responsáveis pela alergia do leite de vaca são a α s1-caseína e β -lactoglobulina. O

polimorfismo genético que ocorre nas proteínas entre as diferentes espécies é o que esclarece o potencial de uso do leite de cabra como substituto do leite de vaca na presença de doença alérgica (BALLABIO *et al.*, 2011).

A lactose é o principal carboidrato do leite de cabra, no entanto, o seu conteúdo é ligeiramente menor (0,2 - 0,5%) do que o do leite bovino (CEBALLOS *et al.*, 2009; SLACANAC *et al.*, 2010; VIEITEZ *et al.*, 2016; CLARK; GARCIA, 2017). Apesar disso, o leite de cabra é muito mais rico em oligossacarídeos derivados da lactose (lactulose, lactitol, ácido lactobiônico e galacto-oligossacarídeos), que são benéficos para os humanos devido às suas características prebióticas e anti-infecciosas (RANADHEERA *et al.*, 2019).

Mesmo apresentando diversas vantagens, muitos consumidores evitam o leite de cabra e alguns dos seus produtos derivados devido a percepção particular do odor e sabor como sendo desagradáveis. Além deste fato, os produtos lácteos de cabra podem sofrer excesso de acidificação durante a fermentação, afetando negativamente suas propriedades sensoriais (VIEITEZ *et al.*, 2016; RANADHEERA *et al.*, 2019). Ademais, o fato de o leite de cabra ter um conteúdo total de caseína menor que o leite bovino, conter pouca ou nenhuma α s1-caseína e exibir maior extensão da dispersão de micelas de caseína, afeta as propriedades reológicas de produtos derivados de leite de cabra, o que pode contribuir para a sua baixa aceitação pelos consumidores (HODGKINSON *et al.*, 2018; RANADHEERA *et al.*, 2019).

No entanto, é possível mascarar o odor e o sabor de alguns produtos caprinos e melhorar suas propriedades reológicas através da fortificação com microrganismos probióticos, sendo uma estratégia promissora para melhorar a qualidade nutricional e o potencial terapêutico do leite de cabra (SLACANAC *et al.*, 2010; RANADHEERA *et al.*, 2014; ALBENZIO *et al.*, 2016;).

Uma variedade de produtos podem ser elaborados a partir do leite de cabra, como bebidas fermentadas, queijos, manteiga, sorvetes e doces, porém leites fermentados e queijos se destacam entre os derivados lácteos, por possuir um ambiente favorável para a manutenção da viabilidade de cepas probióticas até o momento de seu consumo (FELICIO *et al.*, 2016; ROLIM *et al.*, 2020).

2.2 QUEIJOS COMO MATRIZES ALIMENTARES PARA INSERÇÃO DE PROBIÓTICOS

O queijo é um tipo de alimento fermentado à base de leite, que possui uma infinidade de tipos e uma ampla variedade de sabores e formas em todo o mundo, com cada região moldando seus produtos de acordo com a sua cultura e recursos. O queijo pode ser considerado

um ecossistema biocomplexo colonizado por um grupo diverso de microrganismos, conhecido como flora do queijo, fornecido pelas culturas de leite cru, iniciador e adjuvante. Essa flora compõe os principais contribuintes para os atributos sensoriais percebidos nos diferentes tipos de queijo, devido à sua complexa interação com proteínas, carboidratos e gorduras do leite, que ocorrem no processo tecnológico na fabricação de queijos (FORDE; FITZGERALD, 2000; KHATTAB *et al.*, 2019).

Os produtos funcionais são comumente referidos como “produtos naturais para a saúde” ou “alimentos saudáveis” por conter um bioingrediente específico, que em quantidades definidas, eficazes e não tóxicas, fornece um efeito benéfico potencial sobre a saúde em condições de doença (MARTIROSYAN; SINGH, 2015; BROWN *et al.*, 2018; ROLIM *et al.*, 2020).

O mercado de alimentos funcionais é dominado por carotenóides, fibras dietéticas, ácidos graxos, probióticos, prebióticos, simbióticos, minerais e vitaminas (TURKMEN; AKAL; ÖZER, 2019). Dentre esses, os probióticos podem ser definidos como microrganismos vivos que atuam como agentes tecnológicos melhorando as características de uma matriz alimentar, operando como agentes terapêuticos para promover efeitos benéficos a saúde quando consumidos em quantidades adequadas (FAO/WHO, 2002; HILL *et al.*, 2014; ROLIM *et al.*, 2020).

O suprimento de probióticos tem sido amplamente estudado e diferentes formas para levar esses microrganismos ao sistema gastrointestinal foram desenvolvidas, as quais incluem sistemas farmacêuticos convencionais, como comprimidos, cápsulas e sachês, ou inseridos em alimentos (GRANATO *et al.*, 2010; COMAN *et al.*, 2012; GOVENDER *et al.*, 2014). A inserção de probióticos em alimentos pode ser uma estratégia para facilitar o consumo, pois quando a cultura microbiana benéfica é adicionada aos alimentos, entrará diariamente na dieta da população-alvo sem alterar a rotina do consumidor (MIYAZIMA *et al.*, 2017).

Os produtos lácteos, como iogurtes, leite fermentado, bebidas lácteas, sobremesas lácteas e queijos, são as matrizes mais utilizadas para a incorporação de bactérias probióticas (RANADHEERA *et al.*, 2010; SPERRY *et al.*, 2018). Esses alimentos, especialmente os queijos, proporcionam um ambiente favorável para a manutenção da viabilidade de cepas probióticas até o momento de seu consumo (FELICIO *et al.*, 2016). Aliado a isso, desempenham um papel de destaque na dieta de todos os grupos populacionais, e seu consumo diário é recomendado por organizações de saúde e autoridades mundiais (LOVAYOVÁ *et al.*, 2015).

Uma série de estudos tem abordado a elaboração de diferentes variedades de queijos com adição de probióticos, sugerindo que essas matrizes podem oferecer algumas vantagens sobre outros produtos lácteos (FELICIO *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2014; SANTILLO *et al.*, 2014). Dentre essas vantagens, os queijos apresentam pH mais alto, o que pode contribuir para a sobrevivência do probiótico nos processos de maturação e durante o armazenamento refrigerado de queijos em relação a outros produtos lácteos. Além disso, apresentam boa disponibilidade de nutrientes, menor atividade de água e alto teor de gordura, o que em combinação com a densidade proteica torna a matriz mais sólida, o que pode oferecer proteção adicional as cepas probióticas durante a passagem do estômago para o intestino (CICHOSZ *et al.*, 2014; PITINO *et al.*, 2012; ROLIM *et al.*, 2020).

Ao mesmo tempo que os componentes lácteos contribuem para a sobrevivência das cepas probióticas, a adição de diferentes compostos promotores de crescimento (por exemplo, açúcares, vitaminas, minerais, prebióticos) nos alimentos melhoram a entrega e sustentam a viabilidade desses microrganismos no sistema intestinal (TERPOU *et al.*, 2019). Os prebióticos são um “substrato que é utilizado seletivamente por microrganismos hospedeiros, conferindo um benefício à saúde” (GIBSON *et al.*, 2017). Os prebióticos comumente conhecidos são: oligofructose (FOS), inulina, galacto-oligossacarídeos, lactulose, oligossacarídeos do leite materno (GUARNER *et al.*, 2017). Almeida *et al.* (2018) relataram que o queijo do tipo mascarpone ao qual foi adicionado *Bifidobacterium lactis* BB-12 e inulina prebiótica teve contagens de cepas mais altas do que o queijo sem inulina durante o tempo de armazenamento.

Além de garantir a viabilidade dos microrganismos probióticos em relação às características e constituintes dos alimentos, também devem ser consideradas as condições tecnológicas de processamento e armazenamento da matriz. Para isso, vários parâmetros devem ser avaliados, tais como: tipo de cultura probiótica, dose necessária para obter uma resposta fisiológica, sobrevivência ao processamento do produto e estabilidade durante os processos de maturação e armazenamento dos alimentos (REID *et al.*, 2007; COMAN *et al.*, 2012).

Diante desses aspectos, diversos estudos *in vitro* avaliaram a viabilidade de cepas probióticas adicionadas a diferentes tipos de queijos após o processamento e durante o armazenamento e/ou maturação do produto (Quadro 1). Esses estudos demonstraram os queijos considerados adequados para o transporte de bactérias viáveis no período estudado.

Quadro 1 - Resumo de estudos sobre avaliação da sobrevivência de probióticos em diferentes tipos de queijos após a fabricação e durante o armazenamento e maturação.

Tipo de queijo	Cepa probiótica	Período de avaliação	Contagem inicial (UFC g ⁻¹)	Contagem final (UFC g ⁻¹)	Influência do probiótico no queijo	Referência
Queijo cheddar	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> K25	Após a fabricação e maturação a 4 °C/ 84 d	Antes da fabricação: 7,96 Antes da maturação: 8,95	Após a fabricação: 9,05 Após a maturação: 9,31	<i>L. plantarum</i> não influenciou a composição química, teores de sal na umidade e pH do queijo cheddar; causou proteólise moderada, mas não alterou o procedimento de fabricação do queijo; a concentração da maioria dos aminoácidos livres em queijos probióticos foi maior do que em queijo controle.	Zhang <i>et al.</i> (2013)
Queijo cremoso	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i> LPC37	Armazenamento a 5 °C/ 21 d	8	8	A acidez foi menor no queijo probiótico; este queijo teve um alto índice de aceitação sensorial pelos consumidores (a análise sensorial foi realizada 7 dias após a fabricação) e não apresentou alterações nas características sensoriais em comparação com o queijo controle.	Santini <i>et al.</i> (2012)
Queijo Fior di Latte	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG	Armazenamento a 4 °C/ 15 d	> 7	7,55	A adição do probiótico aumentou a proteólise secundária, a produção de diacetil, acetoina, ácido lático e acético. As características sensoriais também foram modificadas.	Cuffia <i>et al.</i> (2017)

Tipo de queijo	Cepa probiótica	Período de avaliação	Contagem inicial (UFC g ⁻¹)	Contagem final (UFC g ⁻¹)	Influência do probiótico no queijo	Referência
Queijo coalho de cabra	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5, <i>Lacticaseibacillus paracasei</i> (<i>Lacticaseibacillus casei</i> 01), <i>Bifidobacterium lactis</i> BB-12	Armazenamento a 10 °C/ 21 d	Queijo LA-5 (C2): 6,5; Queijo <i>L. casei</i> 01 (C3): 7; Queijo BB-12 (C4): 6,5; Queijo com a mistura das 3 cepas (C5): 8	C2: 8,5 a 9 C3: 8 a 8,5 C4: 7 a 7,5 C5: 7,5 a 8	Diferenças na composição bruta e características físico-químicas foram observados em todos os queijos probióticos durante o armazenamento. Em C5 aumentou a proteólise, liberação de peptídeos e aminoácidos livres; C2 e C4 aumentaram os níveis de proteólise secundária. Após o armazenamento, um aumento na dureza foi observado para C1, C3 e C5; o queijo controle apresentou os menores valores de elasticidade e coesividade; a viscosidade aumentou em C3 e C5 enquanto mastigabilidade aumentou apenas em C5 durante o armazenamento. Todos os queijos probióticos foram mais bem aceitos na avaliação sensorial do que os queijos controle.	Oliveira <i>et al.</i> (2012)
Queijo ricota de cabra	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5 e <i>Bifidobacterium lactis</i> BB-12	Armazenamento a 7 °C/ 7 d	LA-5: 8,5 BB-12: 8,0	LA-5: 6,54 BB-12: 6,22	Os probióticos não afetaram o rendimento, a taxa de sinérese ou as características físico-químicas do produto, mas reduziram nível de pH, aumento da cor amarelada e nível de dureza.	Meira <i>et al.</i> (2015)

Tipo de queijo	Cepa probiótica	Período de avaliação	Contagem inicial (UFC g ⁻¹)	Contagem final (UFC g ⁻¹)	Influência do probiótico no queijo	Referência
Queijo ricota de cabra	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Armazenamento a 7 °C/ 7 d	FREE: 8,13 AM: 8,04 ACM: 8,12	FREE: 6,45 AM: 8,01 ACM: 7,92	A adição de cultura probiótica microencapsulada resultou em maior sobrevivência (> 6 log UFC/mL) durante o armazenamento e em condições gastrointestinais simuladas do que as células em sua forma livre. Os parâmetros de qualidade foram aprimorados: sem perda de umidade, menor proteólise, menor produção de ácidos orgânicos, textura com menos elasticidade e adesividade e perfil volátil composto por notas florais e frutadas e aroma "caprino" menos pronunciado.	Lopes <i>et al.</i> (2021)
Queijo de cabra macio	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> 564	Armazenamento a 4 ° C/ 8 semanas	Livre 564: 7,68; Seco por pulverização 564: 7,76	Livre 564: 6,9; Seco por pulverização 564: 8,82	A composição química e os valores de pH dos queijos de cabra contendo células vivas e secas por spray estavam dentro da faixa típica para queijos de pasta mole, com excelente qualidade sensorial	Radulović <i>et al.</i> (2017)
Queijo Minas Frescal	<i>Lactocaseibacillus casei</i> 01	Após a fabricação Armazenamento em 5 ° C	8	8	<i>L. casei</i> no queijo Minas Frescal afetou o pH, proteólise, níveis de ácidos orgânicos, perfil de ácidos graxos, antioxidantes e atividades inibitórias da	Sperry <i>et al.</i> (2018)

Tipo de queijo	Cepa probiótica	Período de avaliação	Contagem inicial (UFC g ⁻¹)	Contagem final (UFC g ⁻¹)	Influência do probiótico no queijo	Referência
Queijo Minas Frescal	<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	Armazenamento a 5 °C/ 14 d	Qc (100% NaCl): 7,63; QI (75/25% NaCl / KCl): 7,23; QII (50/50%): 7,86; QIII (50/50%, 1% arginina): 9,21	Qc: 8,45 QI: 8,04 QII: 7,4 QIII: 7,76	Um aumento nos níveis de ácido láctico e cítrico foi observado, enquanto nenhuma diferença significativa foi observada para os níveis de ácido acético em queijos probióticos; bactérias probióticas não foram capazes de alterar o perfil lipolítico dos queijos durante o armazenamento.	Felicio <i>et al.</i> (2016)
Queijo Minas Frescal	<i>Lactocaseibacillus casei</i> Zhang	Armazenamento a 5 °C/ 20 d	8.1	Queijo Zhang: 8,28 Zhang e queijo de cultura inicial: 9,02	<i>L. casei</i> Zhang forneceu pH mais baixo e altos índices de proteólise; níveis mais elevados de ácido láctico e ácido acético durante o armazenamento. Não foram observadas diferenças para os teores de proteína e gordura entre os tratamentos de queijo. Os queijos probióticos apresentaram valores mais baixos para todos os atributos sensoriais, provavelmente devido ao conteúdo e perfil de ácidos orgânicos ou textura e propriedades reológicas diferentes.	Dantas <i>et al.</i> (2016)
Mini-queijos cremosos	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> DSM 10140 e <i>Limosilactobacillus reuteri</i> DSM 20016	Armazenamento a 4 °C/ 28 d	Queijo com 10140: 9,78 Queijo com 20016: 9,70	Queijo com 10140: 8,31 Queijo com 20016: 8,26	O probiótico não afetou negativamente a aceitabilidade sensorial dos queijos.	Speranza <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Adaptado de Rolim *et al.* (2020). d – dias.

Em relação ao número mínimo de células bacterianas viáveis ingeridas no alimento, tem sido recomendado há algum tempo que deve ser de 6 log UFC/g ou mL de alimento ao longo da vida de prateleira do produto, e o consumo diário de produtos contendo probióticos não deve ser inferior a 100 g ou mL para promover benefícios para a saúde (CICHOSZ *et al.*, 2014; LOVAYOVÁ *et al.*, 2015; ROLIM *et al.*, 2020; TERPOU *et al.*, 2019). No entanto, estudos têm demonstrado que a dose de probióticos recomendada em alimentos depende da cepa estudada, desse modo esses produtos devem ser avaliados individualmente em relação à dose diária, bem como o tempo necessário de consumo para que o produto promova seus efeitos benéficos (MARTINS *et al.*, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2018; SPERRY *et al.*, 2018).

Para que as cepas probióticas promovam suas modificações específicas em queijos, classificando-os como alimentos funcionais, devem crescer em grandes quantidades durante a maturação do queijo ou serem incorporados em altas concentrações durante a fabricação para sobreviver aos vários desafios do processo, mantendo-se viáveis até o final da vida útil do produto (ROLIM *et al.*, 2020). Além disso, essas cepas não devem alterar o sabor e o aroma do produto final devido à produção de diferentes metabólitos, durante a fermentação e armazenamento prolongado, ou interferir na atividade de outros microrganismos essenciais que constituem a microbiota nativa dessas matrizes ou das culturas iniciais adicionadas (GONZÁLEZ-OLIVARES *et al.*, 2014; TERPOU *et al.*, 2019).

As cepas probióticas podem melhorar as características sensoriais do queijo, conforme relatado por Patrignani *et al.* (2019) através da inclusão do *L. crispatus* BC4 no queijo Squacquerone. As propriedades sensoriais melhoradas do queijo em termos de cremosidade, sabor e aceitação geral foram atribuídas a mudanças nos perfis das moléculas voláteis do queijo com adição de probióticos, causadas por diferentes padrões proteolíticos e lipolíticos. Cuffia *et al.* (2017) relataram valores aumentados para odor, adstringência, sabor ácido e sabor residual de queijo com *L. rhamnosus* GG. Por outro lado, efeitos negativos da suplementação de probióticos em queijo também foram documentados. Por exemplo, a adição de *L. casei* Zhang no queijo Minas Frescal diminuiu a rigidez, resultando em um queijo mais macio e menos elástico devido à proteólise durante a vida de prateleira (DANTAS *et al.*, 2016).

2.3 PRINCIPAIS VIAS BIOQUÍMICAS EM QUEIJO

Uma cascata de eventos bioquímicos ocorre durante a fabricação de queijos, principalmente na etapa de amadurecimento, alterando as propriedades físicas e químicas do queijo, que incluem principalmente três reações: glicólise, proteólise e lipólise

(MCSWEENEY, 2011; KHATTAB *et al*, 2019). Como resultado de todos esses processos bioquímicos temos os compostos voláteis e não voláteis que contribuem para o sabor do queijo (FOX *et al*, 2017).

Enzimas de várias fontes participam do processo de amadurecimento, como a lipase de lipoproteína que resiste à pasteurização do leite para participar da lipólise, e parte da enzima do coalho “quimosina” que é retida da coagulação para participar da proteólise. As bactérias lácticas iniciadoras, além de sua função primária de fermentação, fornecem enzimas proteinase e esterase, entre outras enzimas. As bactérias lácticas não-iniciadoras (NSLAB) e culturas secundárias ou adjuntas estão entre os principais contribuintes no processo de amadurecimento devido à sua forte atividade metabólica (CLARK *et al*, 2009; KHATTAB *et al*, 2019).

2.3.1 Glicólise

Durante o processo de fabricação de queijos, o principal evento glicolítico é a conversão da lactose, em glicose e galactose e, a seguir, em ácido láctico pela ação das bactérias iniciadoras do leite, também conhecidas como bactérias do ácido láctico (BAL). A lactose e o lactato são compostos solúveis em água, que podem ser removidos juntamente com o soro durante a prensagem da coalhada. No entanto, o teor de umidade, a idade do queijo, a extensão da fermentação, o procedimento de fabricação do queijo e os materiais de maturação ou embalagem usados podem afetar a concentração de lactose residual ou do lactato no queijo (KHATTAB *et al*, 2019; TEKIN; GÜLER, 2019).

Geralmente cerca de 1 - 2% da lactose permanece não metabolizada e é tratada durante o processo de amadurecimento (KHATTAB *et al*, 2019). Com o progresso do período de maturação, a lactose residual geralmente não é observada no queijo em quantidades significativas, enquanto o ácido láctico e os outros ácidos orgânicos como os ácidos acético, fórmico e propiônico podem ser observados. Esses ácidos orgânicos além de contribuir para o sabor do queijo, também servem como conservantes naturais (TEKIN; GÜLER, 2019).

Durante a conversão da lactose em ácido láctico é formado um composto intermediário, o piruvato, que é precursor da produção de vários compostos aromatizantes de cadeia curta, como: diacetil, acetona, acetaldeído, etanol e acetato (MELCHIORSEN *et al*, 2002, VOIGT *et al*, 2010; KHATTAB *et al*, 2019).

2.3.2 Proteólise

Proteólise é o processo responsável pela transformação das diferentes caseínas presentes no leite, ou seja, α s1, α s2-, β - e κ -caseína, em peptídeos menores e aminoácidos livres. Esse processo envolve a ação de proteinases endógenas do leite, agente coagulante e outras enzimas proteolíticas produzidas por BAL adicionadas intencionalmente durante a fabricação do queijo (BEZERRA *et al.*, 2016; GAN *et al.*, 2016; KHATTAB *et al.*, 2019). Como resultado deste conjunto de ação proteolítica originam-se compostos responsáveis pelo sabor e aroma específicos dos queijos e modificações na textura do produto (CLARK *et al.*, 2009; WOLF *et al.*, 2010; GARCIA *et al.*, 2012).

Em muitas variedades de queijo, a hidrólise inicial das caseínas é causada pela ação das enzimas resultantes do agente coagulante (coalho) ou endógenas do leite, o que resulta na formação de peptídeos grandes (hidrofóbicos) que são subsequentemente degradados (BONTINIS *et al.*, 2012). Proteinases e peptidases catalisam a clivagem das cadeias polipeptídicas para produzir aminoácidos livres que sofrem degradação adicional por meio de diferentes vias produzindo compostos orgânicos voláteis (MCSWEENEY *et al.*, 2004; KHATTAB *et al.*, 2019; TEKIN; GÜLER, 2019).

Vários fatores podem afetar o grau de proteólise e a geração de compostos de sabor, sendo responsáveis pelas variações no aroma do queijo de diferentes fabricantes. Dentre estes fatores, o período de maturação. À medida que o tempo de armazenamento do queijo aumenta, aumenta também o grau de proteólise. Além disso, um período de maturação longo está associado ao desenvolvimento de sabor amargo devido ao aumento na formação de peptídeos amargos (KARAMETSI *et al.*, 2014; KHATTAB *et al.*, 2019). A textura do queijo, por sua vez, também sofre alterações, em vez de elástica, torna-se quebradiça com o tempo (JOYNER *et al.*, 2018).

O grau de proteólise também varia de acordo com os tipos de queijo. O queijo Mozzarella sofre proteólise limitada, o Cheddar e o Gouda sofrem proteólise moderada, ao passo que o queijo azul necessita de extensa proteólise (CLARK *et al.*, 2009). A adição de culturas auxiliares aumenta a proteólise e as quantidades de aminoácidos livres no queijo (ANDIÇ *et al.*, 2014).

A embalagem também afeta a formação de compostos voláteis. Se a embalagem a vácuo for utilizada, haverá menos produção de amônia e graus decrescentes de proteólise em geral (DUVAL *et al.*, 2018).

2.3.3 Lipólise

A lipólise é um importante evento bioquímico que ocorre durante o amadurecimento do queijo. Por essa via, os triglicerídeos do leite são hidrolisados por enzimas bacterianas e endógenas do leite em ácidos graxos com cadeias curtas e médias e ácidos graxos livres (COLLINS *et al.*, 2003; KHATTAB *et al.*, 2019). Os ácidos graxos de cadeia curta e livres desempenham um papel crucial no desenvolvimento do sabor do queijo. Os ácidos graxos livres, especialmente os de cadeia curta e média, são precursores para a produção de compostos aromatizantes, como metil cetonas, álcoois secundários, ésteres, alcanos e lactonas (SANTOS *et al.*, 2012; TEKIN; GÜLER, 2019).

A lipólise intensiva pode ser indesejável em algumas variedades de queijo, devido ao desenvolvimento de ranço, como observado no queijo Cheddar, Gouda e queijo suíço (FORDE; FITZGERALD, 2000). Entretanto, em queijos azuis, queijos Emmental, parmesão e queijos italianos como Romano e Provolone a extensa lipólise é favorecida (CLARK *et al.*, 2009).

As enzimas envolvidas na lipólise, esterases e lipases, cortam as ligações éster entre os ácidos graxos e o glicerol nos triacilglicerídeos. As esterases hidrolisam cadeias curtas de éster acílico (C-C), enquanto as lipases hidrolisam as cadeias mais longas de éster acílico, que são compostas por mais de 10 carbonos (COLLINS *et al.*, 2003; KHATTAB *et al.*, 2019).

A lipólise pode ser influenciada pelo sistema metabólico de bactérias ácido lácticas, “starter” e propiônicas, leveduras ou bolores presentes no queijo (MCSWEENEY; SOUSA, 2000). As cepas probióticas podem gerar diferentes ácidos graxos livres de cadeia longa, média e curta (ALBENZIO *et al.*, 2013). Segundo Sperry *et al.* (2018), níveis mais elevados de ácidos graxos de média e longa cadeia no queijo Minas Frescal foram atribuídos ao metabolismo da cepa probiótica *L. casei* 01, fato que contribui para a melhoria do desenvolvimento de sabores no queijo (KARIMI *et al.*, 2012; ROLIM *et al.*, 2020).

Os vários ácidos graxos de cadeia curta, isto é, ácidos hexanóico, octanóico e decanóico, contribuem para o sabor e aroma do queijo (KHATTAB *et al.*, 2019). O ácido hexanóico é responsável pelos sabores suados, picantes e rançosos (CLARK *et al.*, 2009). O ácido octanóico tem sabor de cera de cabra e o ácido decanóico transmite odores cítricos e gordurosos (GAN *et al.*, 2016), enquanto o ácido dodecanóico transmite odores graxos (CLARK *et al.*, 2009).

2.4 MICRORGANISMOS PROBIÓTICOS

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse científico e público sobre o papel dos microrganismos na manutenção da saúde geral e na prevenção e tratamento de doenças. Os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os mais usados como probióticos. No entanto, outros gêneros de bactérias podem ser usados, incluindo, além de *Lactobacillus*, outros agentes do grupo heterogêneo de bactérias do ácido láctico (BAL) como *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* e também cepas de leveduras, a exemplo da *Saccharomyces cerevisiae* e *S. boulardii* (GUARNER *et al.*, 2017; ZIELINSKA; KOLOHYN-KRAJEWSKA, 2018; ROLIM *et al.*, 2020).

Os gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são normalmente encontrados como comensais no trato gastrointestinal humano. Assim, a microbiota intestinal de voluntários saudáveis pode ser uma boa fonte dessas bactérias (PEREIRA *et al.*, 2018; ZIELINSKA; KOLOHYN-KRAJEWSKA, 2018). Os probióticos também podem ser isolados de outras cavidades do corpo humano, como as cavidades oral e vaginal, bem como do colostro ou leite humano, leite e seus derivados de outras espécies animais e outros produtos de origem animal, como carne, e em produtos de origem vegetal, como frutas e outras plantas (DOUILLARD *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2015; VASILEV *et al.*, 2015; GARCIA *et al.*, 2016; JIANG *et al.*, 2016; TORRES-MARAVILLA *et al.*, 2016). Deste modo, a origem dos microrganismos do trato gastrointestinal humano não é mais um critério apontado como essencial para a utilização de uma cepa, visto que cada vez mais as evidências científicas indicam novas fontes não convencionais de isolamento (SANTOS *et al.*, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2018; ZIELINSKA; KOLOHYN-KRAJEWSKA, 2018).

A seleção de microrganismos dessas várias fontes requer uma abordagem sistemática, pois grande número de cepas isoladas inicialmente leva à necessidade de uma sequência de testes baseados em critérios de seleção já estabelecidos que devem considerar os aspectos de segurança, tecnológicos e funcionais (MARKOWIAK; ŚLIŻEWSKA, 2017) para reduzir progressivamente o número de candidatos probióticos (PEREIRA *et al.*, 2018).

Além disso, novos candidatos a probióticos podem, preferencialmente, ter propriedades tecnológicas que irão influenciar as características das matrizes às quais serão inseridos. Para isso, as cepas devem permanecer viáveis e estáveis durante o processamento desses alimentos e ao longo de sua vida de prateleira para que continuem a contribuir para os atributos sensoriais do produto final (SANTOS *et al.*, 2015). Cada cepa probiótica tem propriedades funcionais

específicas e alegações de efeitos benéficos na saúde do hospedeiro devem ser baseadas em evidências sólidas e não podem ser generalizadas para outras cepas (HILL *et al.*, 2014).

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

2.4.1 *Lactiplantibacillus plantarum*

L. plantarum é uma bactéria Gram-positiva, extensamente dispersa na natureza, encontrada geralmente no trato gastrointestinal humano e de outros mamíferos, saliva e vários produtos alimentares, como vegetais, carnes e substratos lácteos. Por ser uma bactéria extremamente versátil, pode se adaptar a várias condições ambientais, pois pode fermentar diferentes tipos de carboidratos e açúcares. Além disso, *L. plantarum* pode ser isolado de várias fontes pois tem o maior genoma entre o grupo das BAL. Em particular, pode resistir e crescer em condições adversas, incluindo o estresse do sistema digestivo, tratos gastrointestinal, vaginal e urogenital (DARBY; JONES, 2017; ABDELAZEZ *et al.* 2018).

Recentemente, o uso de *L. plantarum* tem recebido atenção especial, principalmente em termos de seu potencial probiótico e sua aplicação na fermentação de diversos alimentos, como produtos lácteos, consumidos de forma crescente em todo o mundo. O uso de *L. plantarum* como probiótico possui benefícios para a saúde humana que incluem a regulação do sistema imunológico, a redução dos níveis de colesterol, a manutenção do equilíbrio da flora intestinal e a redução do risco de câncer. De modo substancial, produz ácido láctico, compostos bioativos antibacterianos e ainda exopolissacarídeo (EPS) para expressar seu potencial antagônico contra a atividade intestinal de patógenos alimentares (ABDELAZEZ *et al.* 2018).

A busca por novas cepas probióticas entre bactérias do ácido láctico (BAL) isoladas de produtos alimentares crus e fermentados pode revelar cepas com promissoras propriedades funcionais e tecnológicas (VIZOSO-PINTO *et al.*, 2006; GALDINO *et al.*, 2021). Nesse sentido, estudos realizados para investigar algumas propriedades relacionadas ao potencial probiótico e aplicações tecnológicas de autóctones, demonstraram que a cepa *L. plantarum* CNPC003 isolada de derivados de leite de cabra, apresenta capacidade proteolítica, de acidificação e coagulação do leite, e de produção de diacetil, reunindo características de aptidão tecnológica e mostrando-se promissora para a produção de produtos lácteos (MORAES, 2017).

Além disso, foi demonstrado a capacidade de *L. plantarum* CNPC003 de manter contagens acima de 7 log UFC/mL durante o processo de fermentação de formulação rica em soro de leite e durante o processo de armazenamento de sobremesas fermentadas com ingredientes de casca de jabuticaba. Este potencial probiótico também não alterou a composição, as características físico-químicas, o conteúdo fenólico total, a capacidade antioxidante e a textura da sobremesa em comparação aos probióticos comerciais de controle (NETA *et al.*, 2018).

Ribeiro *et al.* (2020) avaliaram a viabilidade e resistência às condições gastrointestinais humanas de *L. plantarum* CNPC003 em bebida mista de banana, morango e juçara não fermentada durante o armazenamento refrigerado. A bebida mista mostrou ser um veículo adequado para *L. plantarum* CNPC003, mantendo altas contagens de células viáveis durante o armazenamento a frio, sem afetar seus atributos sensoriais. Além disso, *L. plantarum* CNPC003 demonstrou capacidade de sobrevivência em condições gastrointestinais *in vitro* e manteve concentrações de células viáveis acima de 6 log UFC/mL. Bomfim *et al.* (2020) investigaram a produção de exopolissacarídeos (EPS) por três cepas de *Lactobacillus*, sendo *L. plantarum* CNPC003 identificado como o maior produtor, indicando seu uso como antioxidante natural na indústria alimentícia.

A adição de bactérias probióticas ao queijo cremoso caprino apresenta-se como uma alternativa para elevar a qualidade do produto, tornando-o um alimento funcional, além de provocar alterações físico-químicas no produto final, que pode influenciar positivamente a aceitabilidade do consumidor (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

2.5 CACTACEAE

A família Cactaceae é constituída por plantas suculentas, geralmente dotadas de espinhos, e que habitam principalmente ecossistemas áridos e semiáridos (MENEZES;

RIBEIRO-SILVA, 2015). Botânicos estimam que existam mais de 2.000 espécies de cactáceas, agrupadas em cerca de 139 gêneros (CACTUS, 2020), divididas em quatro subfamílias: Maihuenioideae, Pereskioideae, Opuntioideae e Cactoideae (PINTO; SCIO, 2014). Os cactos são nativos do continente americano, encontrados principalmente na América e África, com maior número e diversidade de espécies ocorrendo no México (CACTUS, 2020).

No Brasil, as cactáceas estão presentes em todo o território, com cerca de 40 gêneros e 200 espécies, sendo 24 gêneros e 88 espécies presentes na região Nordeste, onde possui relevância cultural e econômica para os agricultores do Semiárido (LUCENA *et al.*, 2015). Dentre as espécies mais importantes encontram-se o *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru*, *Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber.) Byles & G.D. Rowley subsp. *gounellei* e *Pilosocereus pachyclads* F. Ritter. subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi (DRUMOND *et al.*, 2000; SILVA, 2015).

Espécies de cactáceas têm sido relatadas como Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), que consistem em espécies alimentares que têm uma ou mais partes com potencial alimentar e uso não comum, podendo incluir plantas nativas e exóticas, cultivadas ou espontâneas (KINUPP; LORENZI, 2014). Embora disponíveis a baixo custo, muitas PANC são pouco utilizadas por uma parcela significativa da população (LUIZZA *et al.*, 2013; BARREIRA *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2021), como em regiões da Caatinga no Nordeste do Brasil, por serem comumente consideradas “alimentos para pessoas de baixa renda” ou pelo desconhecimento de suas propriedades nutricionais e biológicas (NASCIMENTO *et al.*, 2015; CHAVES *et al.*, 2017; ASSIS *et al.*, 2019).

Estudos etnobotânicos desenvolvidos no Brasil têm demonstrado várias potencialidades desta família, como utilização na forragem (NUNES *et al.*, 2015; SILVA, 2015) e na alimentação humana (LUCENA *et al.* 2013; LUCENA *et al.*, 2015), além do uso medicinal, com destaque para *Cereus jamacaru* DC. (mandacaru), *Melocactus* sp. (coroa de frade), *Opuntia ficus-indica* L. Miller (palma forrageira), *Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & Rowley (xique-xique) e *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter (facheiro) (LUCENA *et al.*, 2014), que estimulam novas investigações acerca desta família por oferecerem oportunidades para descoberta de vegetais comestíveis ricos em nutrientes e compostos bioativos para a promoção da saúde (BALDERMANN *et al.*, 2016; INFANTE *et al.*, 2016; ASSIS *et al.*, 2019).

2.5.1 *Pilosocereus gounellei*

P. gounellei (A. Weber ex K. Schum. Bly. ex Rowl), popularmente conhecido como xique-xique, é uma espécie da família Cactaceae, pertencente à subfamília Cactoideae (DIAS *et al.*, 2015). Amplamente adaptada ao clima seco da região Nordeste do Brasil, desenvolve-se em solos rasos, em cima de rochas e se multiplica regularmente cobrindo uma vasta área da caatinga (ASSIS *et al.*, 2019; FURTADO *et al.*, 2019). Apresenta tronco ereto com galhos laterais afastados que descreve suavemente uma curva ampla em direção ao solo, ramos compostos por espinhos fortes de coloração verde-opaca, flores tubulosas de cor branca (CAVALCANTE; RESENDE, 2007) e seus frutos apresentam-se como bagas, avermelhados, arredondados e com pequenas sementes (ALMEIDA *et al.*, 2007) (Figura 1).

Figura 1 - *Pilosocereus gounellei* (xique-xique).



Fonte: Arquivo pessoal.

Almeida *et al.* (2007), ao analisar as características físicas e químicas do xique-xique, relataram que as polpas possuem natureza ligeiramente ácida e apresentam diferenças de composição consideráveis, a depender da parte do vegetal, talo central ou do cilindro vascular. O talo central é mais adequado para a produção de farinhas, e o cilindro vascular seria mais apropriado para a elaboração de produtos com alto teor de água. Em adição, Bezerril (2017) observou que os cladódios apresentam alto conteúdo de água, baixo teor de proteínas e lipídios, conteúdo representativo de carboidratos, incluindo fibras totais, solúveis e insolúveis e valores expressivos de minerais, destacando-se no cilindro vascular, o cálcio, magnésio, selênio e zinco.

Do aspecto fitoquímico, Maciel *et al.* (2016) realizaram um estudo no qual foram isolados e identificados dez compostos do *Pilosocereus gounellei*. Os mesmos autores demonstraram que o extrato etanólico do fruto possui excelente atividade antioxidante, principalmente devido à presença de compostos fenólicos, reportados tanto no gênero como na família Cactaceae. Nascimento *et al.* (2012) relataram a presença de flavonóides no xique-xique, Almeida *et al.* (2005) em estudo etnobotânico realizado em conjunto com uma abordagem fitoquímica à flora medicinal da Caatinga, popularmente utilizada em comunidades da região de Xingó, no Nordeste do Brasil, constataram a existência de triterpenos e compostos fenólicos no caule do xique-xique.

O xique-xique é um importante recurso natural que contribui para a subsistência das populações locais na região semiárida do Nordeste brasileiro (MONTEIRO *et al.*, 2015). Tem sido utilizado como forragem, alimentação humana, higiene pessoal, medicina humana, medicina veterinária, além de servir para construção, ornamentação, bioindicador de chuva ao florescer, dentre outras (SILVA, 2015).

O uso do xique-xique tem sido relatado na alimentação humana, em diversos estudos (Quadro 2), além do consumo da fruta *in natura* (LUCENA *et al.* 2015), a polpa extraída do caule do xique-xique tem sido usada na elaboração de diversos produtos como cocadas, doces, farinha, cuscuz (ALMEIDA *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2012; LUCENA *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2018) e sucos (ASSIS *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2020). A polpa seca e o talo central seco são transformados em pó, e incorporados ao trigo para a elaboração de produtos de panificação (ALMEIDA *et al.*, 2007), barras de cereais (ARAÚJO; REIS; OLIVEIRA, 2019), cookies (MACHADO *et al.*, 2021), iogurte caprino (BEZERRIL *et al.*, 2021) e iogurte probiótico (DANTAS *et al.*, 2022).

De uma maneira geral, a utilização das cactáceas na alimentação humana geralmente se restringe aos períodos de carência de alimentos, impactando negativamente e desestimulando o seu consumo em períodos em que existe outras opções disponíveis (CHAVES; BARROS, 2015). Além disso, a dificuldade de sua preparação é outro fator limitante, visto que a espécie possui muitos espinhos (NASCIMENTO *et al.*, 2012).

O conhecimento popular acerca dessa espécie envolve o seu uso medicinal para tratamento, cura e prevenção de doenças (DUTRA *et al.*, 2016). Partes do xique-xique como o caule, raiz e as flores, são usados para tratar a constipação (LUCENA *et al.*, 2015), gastrite (LUCENA *et al.*, 2012), inflamação da uretra (ROQUE; ROCHA; LOIOLA, 2010), inflamação da próstata, icterícia, hipoglicemia e lesões (ALBUQUERQUE *et al.*, 2007; AGRA *et al.*, 2008).

Quadro 2 - Utilização de *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) para fins alimentícios.

Finalidade	Porção utilizada	Forma de preparo	Utilização	Referências
Alimentação humana	Fruto		<i>In natura</i>	Lucena <i>et al.</i> , 2015
	Polpa	Assado ou cozido	Biscoito, bolos, cocada, Cocada, doces, cuscuz	Almeida <i>et al.</i> , 2007; Nascimento <i>et al.</i> , 2012; Lucena <i>et al.</i> , 2013; Machado <i>et al.</i> , 2018
	Polpa seca	Triturado (pó)	Incorporado a farinha de trigo (panificação)	Almeida <i>et al.</i> , 2007
	Polpa seca	Triturado (pó)	Barra de cereais	Araújo; Reis; Oliveira, 2019
	Talo central seco	Triturado (farinha)	<i>cookies</i>	Machado <i>et al.</i> , 2021
	Polpa	<i>In natura</i>	Suco	Assis <i>et al.</i> , 2019; Ribeiro <i>et al.</i> , 2020
	Polpa	Cozido (Geleia)	Adicionado em iogurte caprino	Bezerril <i>et al.</i> , 2021
	Talo central seco	Triturado (farinha)	Iogurte	Dantas <i>et al.</i> , 2022
Alimentação animal	Fruto	<i>In natura</i>	Ração	Lucena <i>et al.</i> , 2015
	Cladódio	Cortado ou queimado		
	Planta inteira			
Experimental	Cladódio	<i>In natura</i>	Suco	Assis <i>et al.</i> , 2019

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2021).

As atividades biológicas do xique-xique têm sido demonstradas em alguns estudos. Dias *et al.* (2015) evidenciaram que o extrato bruto etanólico do caule do xique-xique apresentou atividade anti-inflamatória na dose de 25 mg/kg dentro de quatro horas da avaliação do modelo de edema de pata de rato induzido por carragenina, e baixa toxicidade. Sousa *et al.* (2018) observaram que a administração do extrato etanólico da raiz e do caule do xique-xique (200 mg/kg) tem um importante efeito gastroprotetor, que se deve à inibição da formação de lesões gástricas em modelos animais.

A utilização do xique-xique como ingrediente na elaboração de produtos alimentícios, constitui uma maneira efetiva de melhorar o aproveitamento desse recurso, além de agregar valor aos recursos locais e disponibilizar nutrientes e compostos bioativos aos consumidores.

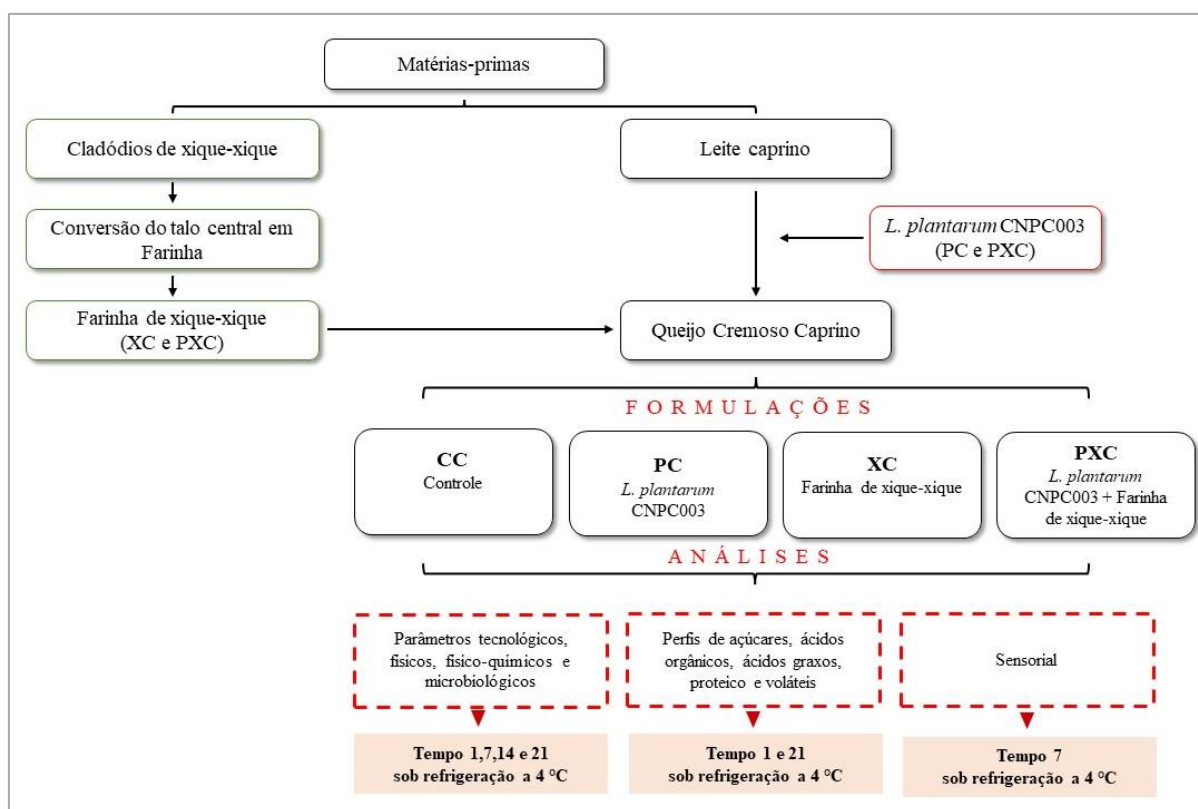
No entanto, o enriquecimento de derivados lácteos caprino com farinha de xique-xique ainda é pouco explorado, não havendo até o presente momento estudos direcionados a sua adição em queijo cremoso de cabra, bem como de cultura potencialmente probiótica de *L. plantarum* CNPC003. Deste modo, pesquisas sobre o impacto da adição de farinhas não convencionais em queijos potencialmente probióticos, se fazem relevantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi dividido em dois momentos, que compreendeu a elaboração da farinha de xique-xique e, posteriormente, o processamento e caracterização das formulações de queijo cremoso caprino, conforme esquema apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Desenho experimental.



Fonte: Autoria própria.

Quatro diferentes formulações de queijos foram processados, sendo CC – queijo cremoso caprino controle (sem adição de *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique); PC – queijo cremoso caprino adicionado de 0,1 g da bactéria probiótica *L. plantarum* CNPC003 por litro de leite (0,1%); XC - queijo cremoso caprino adicionado de 1 g de farinha de xique-xique por 100 g de massa (1%); e PXC - queijo cremoso caprino adicionado de probiótico *L. plantarum* CNPC003 e de farinha de xique-xique nas proporções supracitadas. Os

processamentos foram realizados em triplicata. As formulações de queijos foram armazenadas por 21 dias ($4 \pm 0,5$ °C) e retiradas para análise nos tempos de 1, 7, 14 e 21 dias. Dado o tempo, parte das análises foram realizadas nas formulações *in natura*, e outra parte das formulações foi liofilizada para análises posteriores. Para liofilização, utilizou-se liofilizador de bancada (L-101 model; LIOTOP®, São Carlos, Brasil) com temperatura de -55 ± 2 °C, pressão de vácuo <138 µHG, velocidade de liofilização de 1 mm/h, com tempo de secagem de, aproximadamente, 12 h. As formulações liofilizadas foram utilizadas para as análises de perfil de ácidos graxos e perfil proteico. As demais análises foram realizadas com a amostra *in natura*.

3.2 LOCAIS DE EXECUÇÃO DA PESQUISA

A elaboração da farinha de xique-xique foi realizada no Laboratório de Técnica Dietética, do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus I, João Pessoa-PB, e no Laboratório de Operações Unitárias, do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus I, João Pessoa-PB. Os queijos desenvolvidos foram processados no Laboratório de Técnica Dietética, do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus I, João Pessoa-PB. As análises físicas, físico-químicas e microbiológicas dos queijos desenvolvidos foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e no Laboratório de Microbiologia e Bioquímica de Alimentos, respectivamente, ambos do Departamento de Nutrição, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus I, João Pessoa-PB.

A execução das análises de perfil de açúcares e ácidos orgânicos ocorreu no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA), do Departamento de Tecnologia de Alimentos, do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE), Petrolina – PE. As análises de textura, ácidos graxos e perfil aromático foram realizadas, respectivamente, no Laboratório de Análises Químicas de Alimentos, Laboratório de Análises de Ácidos Graxos - LAAG e Laboratório de Flavor - LAF, do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus I, João Pessoa-PB.

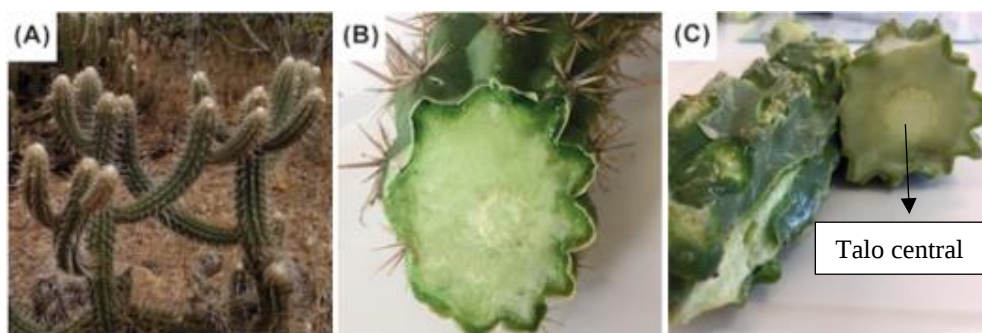
As análises de perfil proteico e de aminoácidos foram realizadas nos Laboratórios de Química de Proteínas e Peptídeos (LAPP) e Proteômica Estrutural, do Departamento de Biologia Molecular, da Universidade Federal da Paraíba, e no Centro de Química de Alimentos do Instituto de Tecnologia dos Alimentos (ITAL), Campinas/SP.

3.3 ELABORAÇÃO DA FARINHA DE XIQUE-XIQUE

3.3.1 Material vegetal

O xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F. A. C. Weber) Byles and Rowley) foi obtido de uma área de cultivo de propriedade privada, localizada no município de Boa Vista, no estado da Paraíba, Brasil, com coordenadas latitudinais -7.16762352 e longitudinais de -36.1432815, com elevação de 575 metros, em junho de 2018. Os cladódios do xique-xique foram selecionados considerando sua integridade física, e deles foram removidos os espinhos, posteriormente a coleta. Logo em seguida, os cladódios foram transportados em caixas isotérmicas de polietileno a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) para o Laboratório de Técnica Dietética (DN/CCS). Na Figura 3 pode ser observada a estrutura do cladódio de xique-xique.

Figura 3 - Estrutura do xique-xique.



Pilosocereus gounellei - Planta (A), cladódio cortado transversalmente com espinhos e casca (B) e sem espinhos (C).

Fonte: Adaptado de Machado (2019).

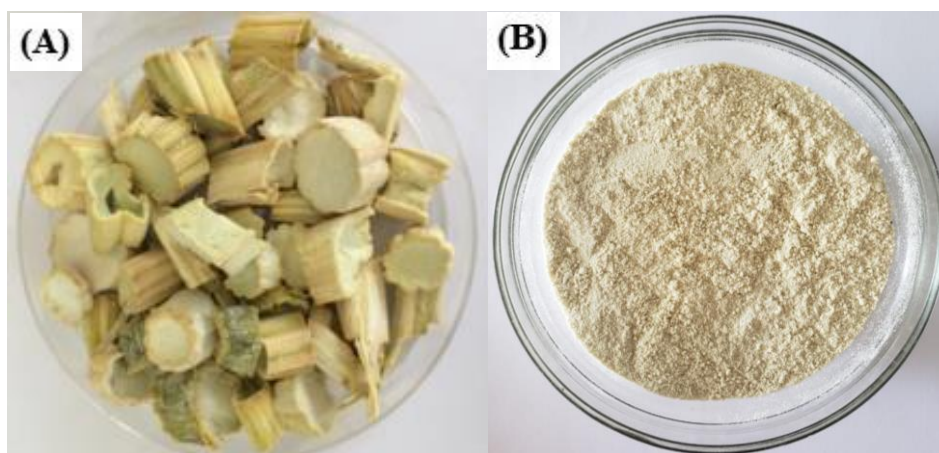
O material vegetal foi depositado, catalogado e identificado pelo Prof. Dr. Leonardo Person Felix do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB) e a espécie certificada foi depositada no Herbário Profº. Jaime Coelho Moraes (CCA/UFPB), com número do voucher nº 17.562. A coleta do material vegetal foi registrada no Sistema de Informação e Biodiversidade do Brasil (SISBIO) com número de processo (62681) e no Sistema Nacional de Gestão de Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN) número (AA17429).

3.3.2 Elaboração da farinha de xique-xique

A farinha de xique-xique foi elaborada de acordo com a metodologia de Machado *et al.* (2021). Inicialmente, os cladódios de xique-xique foram lavados em água corrente e sanitizados com imersão em água clorada, na proporção de 100 ppm, por 15 minutos. Em seguida, suas cascas foram removidas e separada a polpa do talo central. O talo central foi cortado em fatias de 1 cm de espessura e submetido a secagem em estufa com circulação de ar (40 ± 1 °C) até que atingisse 4% de umidade, o que levou aproximadamente 48 horas.

Após a secagem, o xique-xique foi triturado em moinho de facas (Solab[®], Piracicaba, São Paulo) e tamisado por 8 min (velocidade média) em peneiras de 100 mesh em um agitador de peneiras (Bertel[®], Caieiras, São Paulo). A farinha (Figura 4B) foi selada à vácuo em sacos de polietileno estéril com aproximadamente 100 g por saco, e estes enrolados em folha de alumínio e congelados (-20 ± 1 °C) até a produção dos queijos. As farinhas apresentaram rendimento de 12%. A caracterização da farinha foi realizada em estudo anterior de Machado (2019).

Figura 4 - Talo central de xique-xique seco e farinha de xique-xique.



Talo central de xique-xique seco (A), Farinha xique-xique autoclavada (B).

Fonte: Adaptado de Machado (2019).

3.4 ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO QUEIJO CREMOSO CAPRINO

3.4.1 Materiais

O leite caprino utilizado para a produção do queijo cremoso foi adquirido da Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos de Zabelê-PB (ACCOZA). A cultura probiótica liofilizada

de *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 (anteriormente *L. plantarum* B12, Patrimônio Genético: BRMCTAA179), previamente isolada de leite e queijo caprino, pertencente à “Coleção de Microrganismos de Interesse para a Indústria de Alimentos”, foi fornecida pela Embrapa Caprinos e Ovinos (Sobral, Ceará, Brasil), o coalho HA-LA (quimiosina microbiana – *Aspergillus niger* var *awamori*, poder coagulante 1:3.000/75 IMCU) foi adquirido comercialmente da empresa Christian Hansen® (Valinhos, Minas Gerais, Brasil), a goma xantana da Leve Crock® (Piraí do Sul, Paraná, Brasil) e o cloreto de cálcio (CaCl₂) P.A da FMaia® Ltda. (Cotia, São Paulo, Brasil).

3.4.2 Preparação do inóculo de *L. plantarum* CNPC003

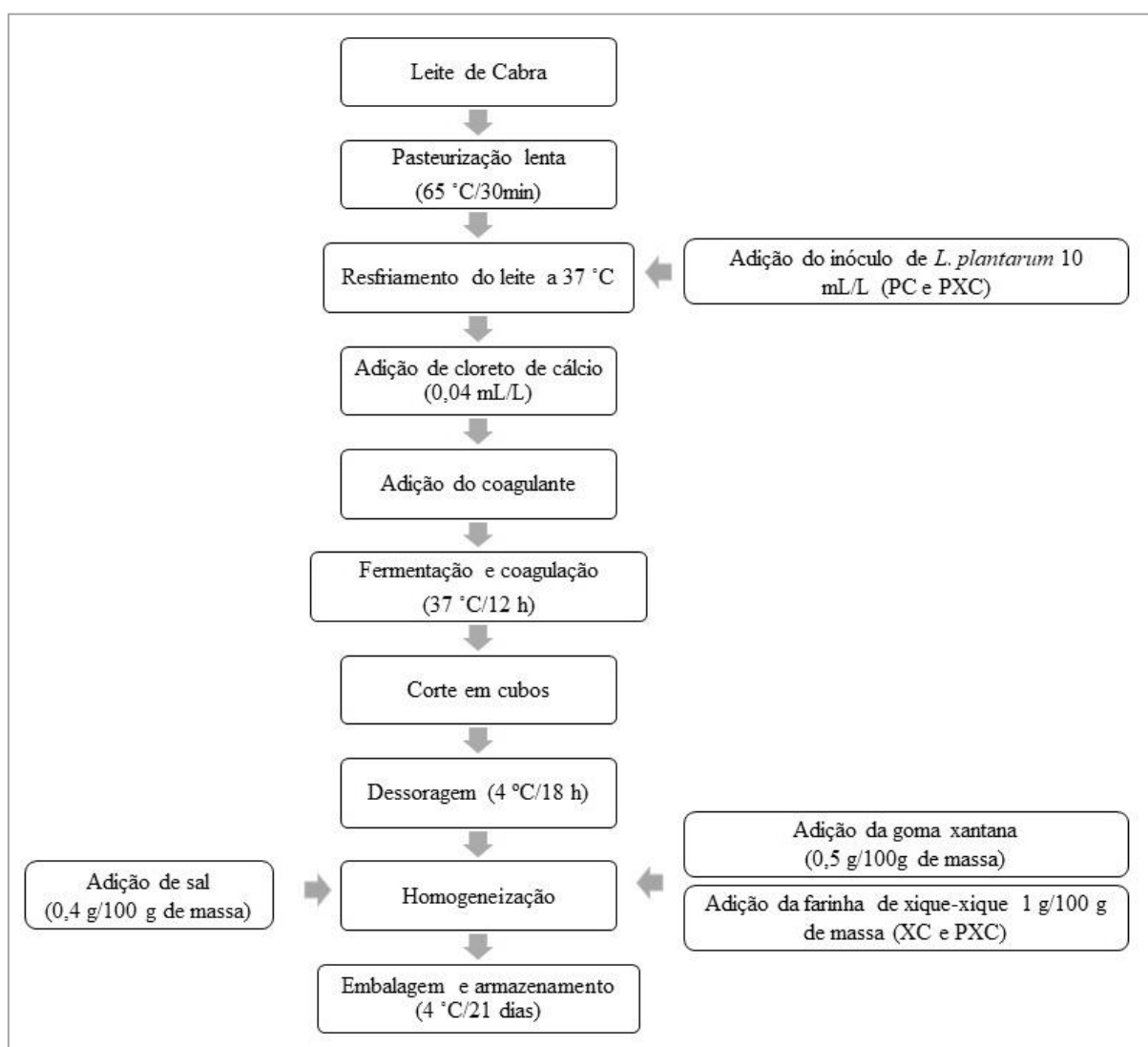
O inóculo final foi preparado diluindo 0,1 g de *L. plantarum* CNPC003 liofilizada em 10 mL de leite de cabra em pó reconstituído (Caprilat®, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil) em água estéril, com incubação por 22 horas (fase estacionária) a 37°C, resultando em uma contagem final de 8-9 log UFC/g. As contagens foram confirmadas usando diluições do inóculo com água peptonada estéril na concentração de 0,1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, EUA); 10 µL dessas diluições foram vertidos em ágar MRS (Oxoid, Basigstoke, UK), adicionado de cisteína a 0,5%, usando a técnica de microgotas. As placas foram incubadas em condições de anaerobiose (Anaerogen System Anaerogen, Oxoid) a 37°C por 48 h, e os resultados foram expressos em log UFC/g.

3.4.3 Elaboração das formulações de queijo cremoso caprino

Os queijos foram elaborados de acordo com a metodologia adaptada de Santos *et al.* (2016). As principais etapas do processamento do queijo cremoso são apresentadas no fluxograma que consta na Figura 5. Inicialmente, o leite de cabra foi submetido à pasteurização lenta (65 °C/30 min), e em seguida resfriado até 37 ± 0,5 °C, para a adição dos ingredientes. O inóculo da cultura probiótica de *L. plantarum* CNPC003 foi adicionado em uma concentração de 10 mL/L (QP e QPX). Em seguida, foram acrescentados a solução de cloreto de cálcio (0,04 mL/L) e o coalho líquido (0,1 mL/L, quimiosina microbiana – *Aspergillus niger* var *awamori*, poder coagulante 1:3.000/75 IMCU), equivalente a aproximadamente 10% da dose recomendada pelo fabricante informada na embalagem do produto (Chr. Hansen). O coalho foi previamente dissolvido em água filtrada (1:1). Após a adição, uma nova agitação do leite foi realizada para a distribuição uniforme destes ingredientes.

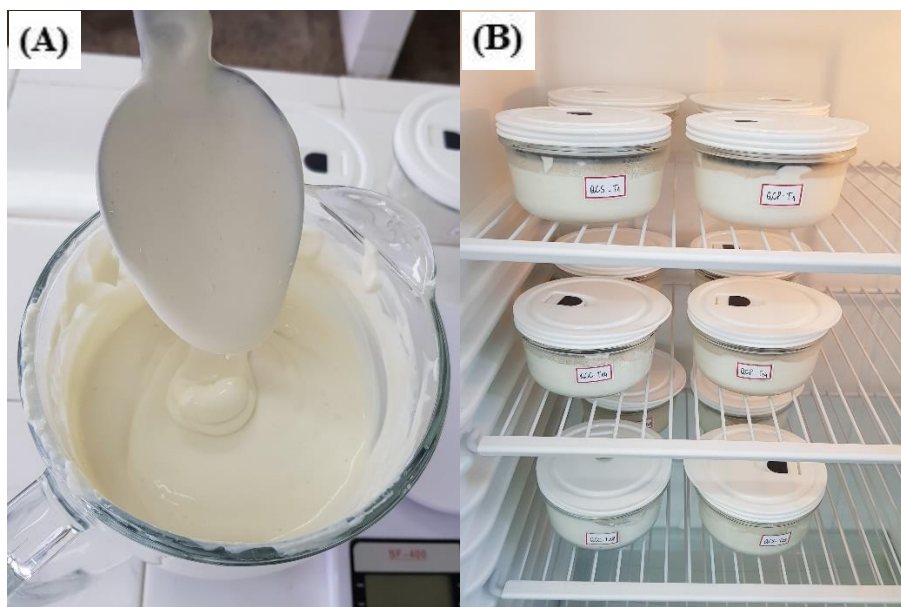
O leite foi mantido em repouso para a etapa de fermentação láctica, em incubadora BOD (Biochemical Oxygen Demand – Marconi, MA415, Piracicaba/SP, Brasil) com temperatura controlada mantida em 37 °C, por cerca de 12 horas. O ponto final do processo foi definido pela coagulação completa do leite e início da sinerese. Em seguida, a massa foi cuidadosamente cortada em cubos, seguindo-se por dessoragem, sob refrigeração ($4 \pm 0,5$ °C) durante 18 horas. Posteriormente, a massa base dos diferentes queijos foi adicionada de sal (0,4 g/100 g de massa) e de goma xantana (0,5 g/100 g de massa). Para os tratamentos QX e QPX ainda foram adicionados 1 g de farinha de xique-xique por 100 g de massa. Após homogeneização, o produto final foi acondicionado em embalagens de vidro com tampa, contendo 100 g de cada formulação de queijo, e armazenados sob refrigeração ($4 \pm 0,5$ °C) durante 21 dias.

Figura 5 - Principais etapas do processo de produção de queijo cremoso.



Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2016).

Figura 6 – Queijo cremoso caprino.



Queijo cremoso caprino (A), Armazenamento dos queijos sob temperatura de refrigeração (4 °C) (B).

Fonte: Arquivo pessoal.

3.4.4 Caracterização das formulações de queijo cremoso caprino

3.4.4.1 Análises tecnológicas

O rendimento de cada queijo cremoso caprino foi expresso como peso do queijo fresco, em gramas, obtido a partir de 10 litros de leite utilizado para produção (ZENG *et al.*, 2007; BARBOSA *et al.*, 2016).

A determinação da cor instrumental foi realizada pelo sistema CIELab, sendo L* (luminosidade), a* [cromaticidade (-) verde/(+) vermelho] e b* [cromaticidade (-) azul/(+) amarelo)], utilizando um colorímetro (Konica Minolta®, CR 400, New Jersey, USA). As medições foram realizadas com o aparelho previamente calibrado, imediatamente após a retirada da sua embalagem.

A textura instrumental (firmeza, coesividade, adesividade, elasticidade e gomosidade) dos queijos foi determinada por meio de teste de dupla compressão utilizando texturômetro TA-XT2® (Stable Micro Systems, Haslemere, Reino Unido) e probe cilíndrico de acrílico com 25 mm de diâmetro, compressão de 1 cm e velocidade de 1 mm/s. As formulações foram porcionadas em recipientes cilíndricos com altura e diâmetro de 2 cm e 5 cm, respectivamente, temperatura de 10 ± 1 °C, sendo retiradas do refrigerador momentos antes do teste. Os dados foram coletados através do programa Texture Expert for Windows® - versão 1.20 (Stable Micro

Systems) (BARBOSA *et al.*, 2016).

3.4.4.2 Análises físicas e físico-químicas

A atividade de água (a_w) foi determinada a 25 °C por meio do uso de aparelho Aqualab[®] (modelo CX-2 Water Activity System[®], Washington, EUA), de acordo com instruções do fabricante. Para a determinação de pH foi utilizado potenciômetro (Q400AS; Quimis[®], Diadema, São Paulo, Brasil) previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções do fabricante. A acidez em ácido láctico foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio a 0,1 N (AOAC, 2019).

Para obtenção dos teores de umidade, cinzas e proteínas (fator de conversão 6,38), as análises seguiram os procedimentos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). A análise de lipídios foi realizada de acordo com técnica descrita por Folch, Lees e Stoane-Stanley (1957).

3.4.4.3 Perfil proteico

3.4.4.3.1 Determinação de proteína solúvel

O teor de proteínas totais solúveis presentes nas formulações liofilizadas de queijo foi determinado segundo o método descrito por Bradford (1976), no qual as formulações foram diluídas em água ultrapura (1:1 m/v). Após completa diluição, uma alíquota de 100 µL de cada diluição foi transferida para tubos de ensaio, onde foram adicionados 2,5 mL do reagente de Bradford (Fator 48,22 e Eq da reta $y=0,019x$ $R^2=99,63\%$). Após homogeneização e repouso por 10 min, foi feita a leitura das triplicatas das amostras a 595 nm em espectrofotômetro (Ultrospec 1100 pro Amersham Biosciences, Reino Unido). Como padrão, utilizou-se uma curva de BSA – Albumina do soro bovino, com solução de partida de 1 mg/mL. O cálculo foi feito utilizando a fórmula do método e a equação da reta.

3.4.4.3.2 Análise do perfil eletroforético

A análise do perfil eletroforético foi realizada usando a técnica descrita por Laemmli (1970). O gel de aplicação (gel de empilhamento) foi preparado em uma concentração de 3,5% de poliacrilamida em tampão Tris-HCl (Tris(hidroximetil)-aminometano) 0,5 M (Sigma-

Aldrich), pH 6,8 e 1% SDS (dodecil sulfato de sódio) (Sigma-Aldrich), enquanto o gel de concentração foi montado formando um gradiente de 7,5 a 17,5% de poliacrilamida em 3 M Tris-HCl tampão, pH 8,8 e SDS a 1%. As formulações liofilizadas foram submetidas à extração de proteínas nos tempos de armazenamento, seguindo a metodologia descrita por Egito *et al.* (2002). A corrida foi realizada sob amperagem constante (25 mA), após o final da corrida o gel foi removido da placa no final da corrida, fixado em TCA 12,5% (ácido tricloacético, Sigma-Aldrich, São Paulo, Brasil) por uma hora e depois corado com azul brilhante de Coomassie R-250 a 0,005%. A remoção do excesso de corante foi realizada com uma solução alvejante de metanol, ácido acético e água (1:3,5:8 v/v/v). Os pesos moleculares das frações de proteína do queijo foram comparados usando um peso molecular marcador de 12 a 225 kDa (Amersham Rainbow Marker - gama completa GE Healthcare®).

3.4.4.3.3 Perfil de aminoácidos totais e livres

O perfil de aminoácidos total foi realizado por derivatização pré-coluna de aminoácidos liberados após hidrólise ácida (6 mol / L) sob aquecimento (110 ° C / 20 h) de acordo com White, Hart e Fry, 1986. Os aminoácidos livres foram determinados sem realizar a etapa de hidrólise ácida (HAGEN *et al.*, 1989). A análise dos aminoácidos derivatizados foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência, HPLC (Shimadzu Organismoration, Kyoto, Japan). Os aminoácidos foram dissolvidos em diluente e introduzidos na coluna RP-HPLC com um detector de UV a 254 nm (Shimadzu Organismoration, Tóquio, Japão), equipado com uma coluna C18 Luna / Phenomenex (250 mm × 4,6 mm ×, 5 µ; Phenomenex Inc., Torrence, EUA). Os aminoácidos foram quantificados por comparação usando o padrão de aminoácidos da Thermo Scientific (Rockford, IL, EUA) e o ácido DL-2-aminobutírico (Sigma-Aldrich®, St.Louis, MO, EUA) foi usado como padrão interno.

3.4.4.4 Perfil de açúcares e ácidos orgânicos

Os açúcares (glicose, lactose e galactose) e ácidos orgânicos (cítrico, láctico e propiônico) foram determinados conforme descrito por Ball *et al.* (2011). Inicialmente, 2 g de cada queijo foram homogeneizados com 10 mL de água ultrapurificada (Sistema de Purificação de Água Integral MilliQ®, EMD Millipore, Billerica, MA, EUA) por 10 minutos com aparelho turratéc (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Em seguida, as amostras foram centrifugadas (4000x g, 15 min, 4 °C) e o sobrenadante foi filtrado com um filtro de 0,45 µm (Whatman®, GE

Healthcare, Chicago, IL, EUA).

Para cada amostra foi realizada uma injeção em sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com um sistema LC 1260 Infinity (Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA) equipado com uma bomba de solvente quaternário (modelo G1311C), desgaseificador, compartimento de coluna termostato (modelo G1316A) e amostrador automático 44 (modelo G1329B) acoplado a um detector de matriz de diodo (DAD) (modelo G1315D) e detector de índice de refração (RID) (modelo G1362A). Durante a análise a coluna Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7 mm) com tamanho de partícula de 8,0 µm e coluna de guarda PL Hi-Plex H (5 x 3 mm) (Agilent Technologies) foram mantidas a 50 °C, o volume de injeção foi de 10 µL, vazão de 0,5 mL/min, fase móvel 4,0 mM H₂SO₄ em água ultrapura e corrida de 20 min. Os dados obtidos foram processados usando OpenLAB CDS ChemStation Edition™ (Agilent Technologies). Os picos e as áreas médias de pico foram utilizados para quantificação de amostras de CLAE comparando seus tempos de retenção com os padrões de ácidos orgânicos e açúcares (COELHO *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2019).

Para realização dessas análises, os padrões de lactose, glicose e galactose foram obtidos da SigmaAldrich (St. Louis, EUA); e os padrões de ácidos acético, láctico e propiônico foram obtidos da Vetec Química Fina (Rio de Janeiro, Brasil); tudo com uma pureza de ≥99%. A água ultrapura foi obtida em MilliQ® system (EMD Millipore, EUA), e o ácido sulfúrico foi obtido pela Merck (Darmstadt, Alemanha). Os resultados foram expressos em g/100 g de queijo cremoso.

3.4.4.5 Perfil de ácidos graxos

A metilação dos ácidos graxos foi realizada de acordo com Molkenin e Precht (2000). Para tanto, inicialmente 0,5 g de amostra liofilizada foi submetida a extração dos ésteres metílicos de ácidos graxos com soluções de KOH 2 mol/L e HCl 1,25 mol/L diluídas em metanol. A detecção de ésteres de ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo a gás (Varian 430-GC, Califórnia, EUA), acoplado com detector de ionização de chama (DIC), coluna capilar de sílica fundida (SP™ – 2560, SUPELCO, Bellefonte, EUA) com dimensões de 100 m x 0,25 mm e 0,20 µm de espessura do filme. Foi utilizado o hélio como gás de arraste (vazão de 1 mL/min).

A temperatura inicial do forno foi de 40 °C por 2 min, aumentando-se 10 °C/min até atingir 180 °C, permanecendo-se por 30 min, seguido por outro aumento com taxa de 10 °C/min

até atingir 240 °C permanecendo por mais 10 min. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 240 °C e 250 °C, respectivamente.

Alíquotas do extrato esterificado (1,0 µL) foram injetadas em injetor tipo Split/Splitless (Split 1:100). Os cromatogramas foram registrados em *software* tipo *Galaxie Chromatography Data System*. Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19 - Kit (Boston, MA, EUA). Os resultados de ácidos graxos foram expressos em g/100 g de queijo cremoso. Foram calculados os índices de: aterogenicidade (IA), trombosidade (IT), ácidos graxos desejáveis (DFA) e ácidos graxos saturados hipercolesterolêmico (HSFA) (Sperry *et al.*, 2018, Equações (1) - (4)).

$$(1) \text{ AI} = \frac{(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0)}{[\Sigma\text{MUFA} + \Sigma\text{PUFA}(n - 6) \text{ and } (n - 3)]}$$

$$(2) \text{ IT} = \frac{(C14:0 + C16:0 + C18:0)}{[0.5 \times \Sigma\text{MUFA} + 0.5 \times \Sigma\text{PUFA}(n - 6) + 3 \times \Sigma\text{PUFA}(n - 3) + \frac{(n - 3)}{(n - 6)}]}$$

$$(3) \text{ DFA} = \text{MUFA} + \text{PUFA} + C18:0$$

$$(4) \text{ HSFA} = C12:0 + C14:0 + C16:0$$

3.4.4.6 Perfil de 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 formulações de queijo (20 ± 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).

3.4.4.7 Controle de qualidade higiênico-sanitária e viabilidade de *Lactobacillus* ssp.

Para a determinação dos parâmetros microbiológicos seguiu-se metodologia recomendada pela APHA (2015). A avaliação da qualidade microbiológica constou da contagem de estafilococos coagulase positiva e de *Escherichia coli* e presença de *Salmonella* spp. de acordo com o preconizado pela legislação vigente (Brasil, 2019).

A análise de viabilidade da cepa probiótica de *L. plantarum* CNPC003 nos queijos (QP e QPX) ocorreu por meio de contagem de células viáveis ao longo do armazenamento. Para tanto, 25 g de cada queijo foi adicionado e homogeneizado em 225 mL de água peptonada (1 g/L) e alíquotas de 100 µL de cada mistura foram diluídas em série em solução salina esterilizada (NaCl 8,5 g/L) e, posteriormente, alíquotas de 20 µL de cada diluição foram plaqueadas em ágar MRS, adicionado de cisteína a 0,5%, usando a técnica de inoculação de microgotas (HERIGSTAD *et al.*, 2001). As placas foram incubadas a 37 °C durante 48 h em condições de anaerobiose (Anaerogen System Anaerogen, Oxoid). Os resultados das contagens de células viáveis foram expressos como log UFC/g.

3.4.4.8 Análise sensorial

Antes de realizar os testes sensoriais, as formulações foram submetidas as análises de controle de qualidade que compreenderam a contagem de estafilococos coagulase positiva e *E. coli* em UFC/g, e detecção da ausência de *Salmonella* spp./25 g (APHA, 2015), para garantir que as formulações de queijo atenderam às normas sanitárias da legislação (BRASIL, 2019). O presente estudo foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba e aprovado sob número do Protocolo

CAAE: 79748617.2.0000.5188, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP).

O teste de aceitação foi realizado com 102 consumidores de produtos lácteos caprinos (26 homens e 77 mulheres, com idades na faixa de 20 a 40 anos, com idade média de 32 anos), os quais avaliaram a aparência, cor, textura, aroma, sabor e aceitação global dos produtos usando uma escala hedônica estruturada de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/desgostei; 9 = gostei muitíssimo). A intenção de compra foi avaliada por meio de uma escala hedônica estruturada de 5 pontos (1 = nunca compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = certamente compraria) (APÊNDICE C). Os consumidores também avaliaram o quão próximo as formulações estavam dentro do ideal, avaliado pela escala JAR (Just About Right) (1 = extremamente menor do que o ideal; 5 = extremamente maior que o ideal) para os atributos de cor, aroma caprino, aroma herbáceo, consistência, textura, sal, acidez e sabor herbáceo, de acordo com a metodologia descrita por Costa *et al.* (2017) (APÊNDICE D). Em todos os testes, as formulações foram servidas simultaneamente e de forma aleatória, em temperatura de ± 4 °C, em copos plásticos brancos de 50 mL codificados com números aleatórios de três dígitos. Foi ofertada água mineral natural para a limpeza do palato antes e entre as formulações. Todos os testes foram conduzidos em cabines individuais com iluminação de lâmpadas fluorescentes brancas.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os ensaios foram realizados em triplicata e em três experimentos distintos, sendo os resultados expressos como média $\pm$ desvio padrão. Os dados foram submetidos ao teste *t* de Student ou análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey. O valor de $p \leq 0,05$ foi considerando estatisticamente significativo. O *software* computacional Sigma Stat 3.5 (Jandel Scientific Software, San Jose, California) foi utilizado para a realização das análises estatísticas. Os resultados dos testes sensoriais de ordenação-preferência e JAR foram analisados de acordo com o teste de Friedman, utilizando-se da Tabela de Newell Mac Farlane (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002).

4 RESULTADOS

Os resultados desta tese estão apresentados na forma de dois artigos originais submetidos à periódicos classificados com Qualis A1, na área de Ciência de Alimentos, com base na classificação de periódicos no quadriênio 2013 – 2016.

O Artigo 1 intitulado **“Impact of the addition of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) flour on the quality parameters of goat cream cheese during storage”**, disposto no Apêndice A da tese avaliou o impacto da adição de *L. plantarum* CNPC003 (0,1 g/L de leite) e farinha de xique-xique (1 g/100 g de massa de queijo) nas características tecnológicas, físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e no perfil proteico de queijo cremoso caprino durante 21 dias de armazenamento refrigerado. A adição de farinha de xique-xique resultou em queijos com tonalidade verde amarelada ao final do armazenamento. A incorporação de *L. plantarum* CNPC003 influenciou os parâmetros de textura e a redução do teor de proteínas totais com concomitante aumento do total de aminoácidos livres (TFAA) ao longo do armazenamento. A adição combinada da cultura probiótica e farinha de xique-xique proporcionou o aumento da acidez, com concomitante redução do pH, durante o armazenamento. Ao final da vida de prateleira a adição combinada da cultura probiótica e farinha de xique-xique resultou em maiores contagens de células viáveis do probiótico (contagens > 7 log UFC/g) quando comparado a formulação controle. A adição de farinha de xique-xique combinada ou não com *L. plantarum* impactou na percepção dos atributos cor e textura, de acordo com a escala do ideal, todavia, isso parece não ter afetado a aceitação das formulações. Este estudo pode ajudar a promover o uso benéfico de *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique em formulações de queijo de leite de cabra, resultando em um produto com grande aplicabilidade pela indústria de alimentos funcionais.

O Artigo 2 intitulado **“Effect of the addition of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) flour on the volatilomic, fatty acids and fermentation profile of goat's cream cheese”**, disposto no Apêndice B, aborda o impacto da adição de *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique nos perfis de ácidos graxos, açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis durante 21 dias de armazenamento. A adição de farinha de xique-xique resultou em queijos com menor teor de ácido palmítico (C16:0) com consequente diminuição do índice de trobosidade (IT), após 21 dias de armazenamento. A adição combinada da cultura probiótica e farinha de xique-xique proporcionou maior teor de ácidos graxos desejáveis (DFA) e maior de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), no primeiro

dia de armazenamento, o que provavelmente contribuiu para menor teor de índice de aterogenicidade (IA) e de ácidos graxos saturados hipercolesterolêmico (HSFA). Como em todo processo fermentativo, houve hidrólise de lactose, com liberação de galactose e glicose ao longo do armazenamento, sendo que esses açúcares foram mais consumidos na formulação com cultura probiótica e farinha de xique-xique. A fermentação desses açúcares provavelmente levou a maior produção de ácidos orgânicos, principalmente de ácido láctico. No total foram detectados 17 compostos voláteis para a maioria das formulações. A incorporação combinada de *L. plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique resultou no aumento de alguns compostos voláteis durante o armazenamento. Esses resultados são essenciais para a indústria de laticínios e demonstram a viabilidade de usar uma cactácea do nordeste brasileiro para processar farinha e enriquecer queijo probiótico de leite de cabra.

O desenvolvimento desse projeto de tese também possibilitou o depósito de um pedido de patente de invenção intitulado “**Queijo cremoso caprino probiótico adicionado de farinha de cactácea**” junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, sob o número do processo BR 10 2022 004395-7 (ANEXO B).

REFERÊNCIAS

- ABEIJÓN MUKDSI, M. C. *et al.* Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 2, p. 801-809, 2013.
- ABREU, L. R. **Identificação e caracterização do potencial probiótico de bactérias isoladas do leite e queijo caprino**. 2015. 102p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2015.
- ALBENZIO, M. *et al.* Physicochemical properties of Scamorza Ewe milk cheese manufactured with different probiotic cultures. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 5, p. 2781-2791, 2013.
- ALBENZIO, M. *et al.* Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health. **Small Ruminant Research**, v. 135, p. 3-12, 2016.
- ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* Medicinal plants of the Caatinga(semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 114, p. 325-354, 2007.
- ABDELAZEZ, A. *et al.* Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. **Advances in Environmental Biology**, v. 12, n. 1, p. 16-27, 2018.
- AGRA, M. F. *et al.* Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 3, p. 472-508, 2008.
- ALMEIDA, C. F. C. B. R. *et al.* Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the Caatinga (Northeast Brazil). **Journal of Arid Environments**, v. 62, p. 127-142, 2005.
- ALMEIDA, C. A. *et al.* Características físicas e químicas da polpa de xique-xique. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 440-443, 2007.
- ALMEIDA, J. S. O. *et al.* Probiotic mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. **International Journal of Dairy Technology**, v. 71, p. 195-203, 2018.
- AL-SAADI, J. S.; SHAKER, K. A.; USTUNOL, Z. Effect of heat and transglutaminase on solubility of goat milk protein-based films. **International Journal of Dairy Technology**, v. 67, n. 3, p. 420-426, 2014.
- ANDIÇ, S., TUNÇTÜRK, Y., BORAN, G. Changes in volatile compounds of cheese. **Processing and impact on active components in food** - Chapter 28, p. 231-239, 2014.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (2016). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 20th ed. Gaithersburg, Maryland, 2016.

APHA-American Public Health Association. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 15 ed. Washington: American Public Health Association, 2015.

ARAÚJO, D. F. S. *et al.* (2021) Plantas Alimentares na Caatinga. In: JACOB, M. C. M., ALBUQUERQUE, U. P. **Local Food Plants of Brazil**. Etnobiologia. Springer, Cham., p. 225-250, 2021.

ASSIS, P. O. A. *et al.* Intestinal anti-inflammatory activity of goat milk and goat yoghurt in the acetic acid model of rat colitis. **International Dairy Journal**, v. 56, p. 45-54, 2016.

ASSIS, P. O. A. *et al.* 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, n. 11, p.7275-7290, 2019.

BAGAROLLI, R. A. *et al.* Probiotics modulate gut microbiota and improve insulin sensitivity in DIO mice. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 50, p. 16-25, 2017.

BALDERMANN, S. *et al.* Are neglected plants the food for the future?. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, n. 2, 106-119, 2016.

BALLABIO, C. *et al.* Goat milk allergenicity as a function of α s-casein genetic polymorphism. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 2, p. 998-1004, 2011.

BALTHAZAR, C. F. *et al.* Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 2, p. 247-262, 2017.

BARBOSA, I. C. *et al.* Influence of the addition of *Lactobacillus acidophilus* La-05, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb-12 and inulin on the technological, physicochemical, microbiological and sensory features of creamy goat cheese. **Food & Function**, v. 7, n. 10, p. 4356-4371, 2016.

BARREIRA, T. F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de Plantas Alimentícias Não convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.4, supl. II, p.964-974, 2015.

BEZERRA, T. K. A. *et al.* Proteolysis in goat “coalho” cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. **Food Chemistry**, v. 196, p. 359-366, 2016.

BEZERRA, T. K. A. *et al.* Volatile profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. **LWT - Food Science and Technology**, v. 76, p. 209–215, 2017.

BEZERRIL, F. F. **Caracterização nutricional do xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex. K. Schum.) Bly. ex Rowl.) e sua utilização no processamento de geleia**. 2017. 66p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

BEZERRIL, F. F. *et al.* *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, 2021.

- BOMFIM, V. B. *et al.* Partial characterization and antioxidant activity of exopolysaccharides produced by *Lactobacillus plantarum* CNPC003. **LWT – Food Science and Technology**, v. 127, 109349, 2020.
- BONTINIS, T. G. *et al.* Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (Xinotyri) during ripening. **Small Ruminant Research**, v. 105, n. 1-3, p. 193-201, 2012.
- BORTOLOTTI, I. M. *et al.* Knowledge and use of wild edible plants in rural communities along Paraguay River, Pantanal, Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, n. 46, p. 1-14, 2015.
- BRADFORD, M. M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v. 72, p. 248–254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2001. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b. Acesso em: 18 fev 2021.
- BROWN, L. *et al.* Clinical trials using functional foods provide unique challenges. **Journal of Functional Foods**, v. 45, p. 233-238, 2018.
- CACTUS. Britannica Academic. Encyclopaedia Britannica. Disponível em: <<https://www.britannica.com/plant/cactus> >. Acesso em 10 Nov 2020.
- CAVALCANTE, N. B.; RESENDE, G. M. Consumo de xique-xique (*Pilosocereus 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.
- CEBALLOS, L. S. *et al.* Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, n. 4, p.322-329, 2009.
- CHATCHATEE, P. *et al.* Identification of IgE and IgG binding epitopes on β - and κ -casein in cow's milk allergic patients. **Clinical and Experimental Allergy**, v. 31, n. 8, p. 1256-1262, 2001.
- CHAVES, E. M. F.; BARROS, R. F. M. Cactáceas: recurso alimentar emergencial no semiárido, nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 129-135, 2015.
- CHAVES, E. M. F.; MORAIS, R. F.; BARROS, R. F. M. Popular food practices using wild plants: a potential to minimize nutritional insecurity in the semiarid region of Northeast Brazil. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, p. 287-313, 2017.

CHÁVEZ-SERVÍN, J. L. *et al.* Effects of feeding system, heat treatment and season on phenolic compounds and antioxidant capacity in goat milk, whey and cheese. **Small Ruminant Research**, v. 160, p. 54-58, 2018.

CICHOSZ, G. *et al.* Viability of the *Lactobacillus rhamnosus* HN001 probiotic strain in Swiss- and Dutch-type cheese and cheese-like products. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 6, p. 1181-1188, 2014.

CLARK, S. *et al.* The sensory evaluation of dairy products. 2 ed. Nova York: Springer, 2009.

CLARK, S.; GARCÍA, M. B. M. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10026-10044, 2017.

COELHO, E. M. *et al.* Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160-167, 2018.

COLLINS, Y. F. *et al.* Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. **International Dairy Journal**, v. 13, n. 11, p. 841-866, 2003.

COMAN, M. M. *et al.* Functional foods as carriers for SYN BIO®, a probiotic bacteria combination. **International Journal of Food Microbiology**, v. 157, n. 3, p. 346-352, 2012.

COSTA, M. P. C. *et al.* Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 157-168. 2017.

CUFFIA, F. *et al.* Technological challenges in the production of a probiotic pasta filata soft cheese. **LWT- Food Science and Technology**, v. 81, p. 111-117, 2017.

DANTAS, A. B. *et al.* Manufacture of probiotic Minas frescal cheese with *Lactobacillus casei* Zhang. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 1, p. 18-30, 2016.

DANTAS, D. L. S. *et al.* *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: Improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. **LWT – Food Science and Technology**, v. 158, 113165, 2022.

DARBY, T. M., JONES, R.M. Beneficial Influences of *Lactobacillus plantarum* on Human Health and Disease. **The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology** - Chapter 10, p. 109-117, 2017.

DELGADO, S.; LEITE, A.M.O.; RUAS-MADIEDO, P.; MAYO, B. Probiotic and technological properties of *Lactobacillus* spp. strains from the human stomach in the search for potential candidates against gastric microbial dysbiosis. **Front. Microbiology**, v. 5, p. 766, 2014.

DIAS, G. E. N. *et al.* 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, n. 5, p. 1-6, 2015.

DING, W. *et al.* Screening for lactic acid bacteria in traditional fermented Tibetan yak milk and evaluating their probiotic and cholesterol-lowering potentials in rats fed a high-cholesterol diet. **Journal of Functional Foods**, v. 31, p. 324-332, 2017.

DRUMOND, M. A. *et al.* Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. **Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável**. Petrolina, 2000.

DUVAL, P. *et al.* Changes in biochemical and sensory parameters in industrial blue-veined cheeses in different packaging. **International Dairy Journal**, v. 77, p. 89-99, 2018.

EGITO, A.S., *et al.* Separation and characterization of mares' milk alpha (s1)-, beta-, kappa-caseins, gamma-casein-like, and proteose peptone component 5-like peptides. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 4, p. 697-706, 2002.

FAO (2002). **Food and Agriculture Organization of the United Nations/WHO**, Word Health Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Disponível em: https://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf. Acesso em: 21 ago. 2020.

FAOSTAT (2020). **Food and Agriculture Organization of the United Nations database**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em: 11 mai. 2020.

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

FELICIO, T. L. *et al.* Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. **Food Chemistry**, v. 196, p. 628-637, 2016.

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, n. 1, p. 497-509, 1957.

FORDE, A.; FITZGERALD, G. F. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 11, n. 5, p. 484-489, 2000.

FOX, P. F. *et al.* Fundamentals of Cheese Science. 2 ed. Boston: Springer, 2017.

FURTADO, R. N. *et al.* *Pilosocereus gounellei* in the water supply for finishing sheep in regions of climatic vulnerability. **Small Ruminant Research**, v. 173, p. 88-93, 2019.

GALDINO, I. K. C. P. O. *et al.* Fermentative behavior of native lactobacilli in goat milk and their survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **LWT- Food Science and Technology**, v. 135, p.1-8, 2021.

GAN, H. H. *et al.* Development and validation of an APCI-MS/GC-MS approach for the classification and prediction of Cheddar cheese maturity. **Food Chemistry**, v. 190, p. 442-447, 2016.

GARCIA, E. F. *et al.* Development and quality of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 63, n. 8, p. 947-56, 2012.

GIBSON, G. R. *et al.* Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, p. 491-502, 2017.

GRANATO, D. *et al.* Probiotic dairy products as functional foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 5, p. 455-470, 2010.

GOVENDER, M. *et al.* A review of the advancements in probiotic delivery: Conventional vs. Non-conventional formulations for intestinal flora supplementation. **American Association of Pharmaceutical Scientists**, v. 15, n. 1, p. 29-43, 2014.

GONZÁLEZ-OLIVARES, L. G. *et al.* Viability and proteolytic capacity of *Lactobacillus bulgaricus* 2772 and *Lactobacillus rhamnosus* GG during cheese ripening. **Journal of Biosciences and Medicines**, v. 2, n. 3, p. 7-12, 2014.

GUARNER, F. *et al.* **Probiotics and prebiotics**. World gastroenterology organisation global guidelines. 2017. Disponível em: <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-english-2017.pdf>. Acesso em: 08 set. 2020.

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

HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, n. 2, p. 155-163, 2004.

HERIGSTAD, B. *et al.* How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria **Journal of Microbiological Methods**, v. 44, p. 121-129, 2001.

HILL, C. *et al.* 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, n. 8, p. 506-514, 2014.

HODGKINSON, A. J. *et al.* Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. **Food Chemistry**, v. 245, p. 275-281, 2018.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2017). Censo Agropecuário. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>. Acesso em 11 mai. 2020.

INFANTE, J. *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PlosOne**, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2016.

JOYNER, H. S. *et al.* The effect of storage temperature on blue cheese mechanical properties. **Journal of Texture Studies**, v. 49, n. 3, p. 309-319, 2018.

KARAMETSI, K. *et al.* Identification of bitter peptides in aged cheddar cheese. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 32, p. 8034-8041, 2014.

KARIMI, R. *et al.* Review Article: Sensory characteristics of probiotic cheese. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 5, p. 437-452, 2012.

KHATTAB, A. R. *et al.* Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. **Trends in Food Science & Technology**, v. 88, p. 343–360, 2019.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 768p. 2014.

KRISHNAKANTH, K. N.; BIKASH, C. G. Development of reduced fat cream cheese by using inulin and WPC as a fat replacer. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 590-598, 2020.

LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v. 227, p. 680-685, 1970.

LEAL, M. L., ALVES, R. P.; HANAZAKI, N. Knowledge, use, and disuse of unconventional food plants. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 14, n. 6, p. 1-9, 2018.

LI, H. *et al.* Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt. **LWT – Food Science and Technology**, v. 122, p. 109033, 2020.

LIMA, R.S. *et al.* May the superfruit red guava and its processing waste be a potential ingredient in functional foods? **Food Research International**, v. 115, p. 451-459, 2019.

LOPES, L. A. A. *et al.* Spreadable goat Ricotta cheese added with *Lactobacillus acidophilus* La-05: Can microencapsulation improve the probiotic survival and the quality parameters? **Food Chemistry**, v. 346, 128769, 2021.

LOVAYOVÁ, V. *et al.* Quantity of selected probiotic cultures in semi-hard cheese with low-cooking curd during the maturation process. **Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 8, p. 4697-4702, 2015.

LUCENA, C. M. *et al.* Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2013.

LUCENA, C. M. *et al.* Potencial medicinal de cactáceas en la región semiárida del Nordeste de Brasil. **Gaia Scientia**. Volume especial populações tradicionais, p. 36-50, 2014.

LUCENA, C. M. *et al.* Conhecimento botânico tradicional sobre cactáceas no semiárido do Brasil. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 77-90, 2015.

LUIZZA, M.W. *et al.* Local Knowledge of Plants and their uses among Women in the Bale Mountains, Ethiopia. **Ethnobotany Research & Applications**, v.11, n.1, p. 315-39, 2013.

MACHADO, J. *et al.* **Conhecimento botânico local sobre cactáceas: um estudo de caso no município de Boqueirão, Paraíba, Nordeste do Brasil.** FLOVET-Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica, v. 1, n. 10, 2018.

MACHADO, T. A. D. G. **Desenvolvimento de farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*): caracterização nutricional, propriedades funcionais e sua utilização na elaboração de cookies.** 2019. 131p. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

MACHADO, T. A. D. G. *et al.* Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) flour. **Plos One**, v. 16, n. 8, e0255287, 2021.

MACIEL, J. K. S. *et al.* New alcamide and anti-oxidant activity of *Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. ex Rowl. (Cactaceae). **Molecules**, v. 21, n. 0011, p. 1-13, 2016.

MANN, E. *et al.* Mucosa-associated bacterial microbiome of the gastrointestinal tract of weaned pigs and dynamics linked to dietary calcium-phosphorus. **PLoS One**, v. 9, p. 86-95, 2014.

MARTINS, A. A. *et al.* Probiotic Prato cheese consumption attenuates development of renal calculi in animal model of urolithiasis. **Journal of Functional Foods**, v. 49, p. 378-383, 2018.

MARTIROSYAN, D. M.; SINGH J. A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? **Functional Foods in Health and Disease**, v. 5, n. 6, p. 209-223, 2015.

MAYER, H. K.; FIECHTER, G. Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria-seasonal variations and differences between six breeds. **Dairy Science and Technology**, v. 92, n. 2, p. 167-177, 2012.

MCSWEENEY, P. L. H. Cheese: Biochemistry of cheese ripening. **Encyclopedia of dairy sciences**, 2 ed., p. 667-674, 2011.

MCSWEENEY, P. L. H. *et al.* Diversity of cheese varieties: An overview. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, v. 2, p. 1-23, 2004.

MCSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: a review. **Lait**, v.80, n.3, p.293-324, 2000.

MEIRA, Q. G. S. *et al.* Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 76, p. 828-838, 2015.

MELCHIORSEN, R. C. *et al.* The level of pyruvate-formate lyase controls the shift from homolactic to mixed-acid product formation in *Lactococcus lactis*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 58, n. 3, p. 338-344, 2002.

MENEZES, M. O. T; RIBEIRO-SILVA, S. Cactáceas do Ceará, Brasil: Prioridades para a conservação. **Gaia Scientia**. Edição especial cactaceae, v. 9, n. 2, p. 67-76, 2015.

MIYAZIMA, T. Y. *et al.* Cheese supplemented with probiotics reduced the Candida levels in denture wearers –RCT. **Oral Diseases**, v. 23, n. 7, p. 919-925, 2017.

MOLKENTIN, J.; PRECHT, D. Trans unsaturated fatty acids in bovine milk fat and dairy products. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.102, n.10, p. 635–639, 2000.

MONTEIRO, E. R. *et al.* Genetic structure of *Pilosocereus gounellei* (Cactaceae) as revealed by AFLP marker to guide proposals for improvement and restoration of degraded areas in Caatinga biome. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 4, p. 16966-16974, 2015.

MORAES, G. M. D. Aptidão tecnológica de 13 cepas de *Lactobacillus plantarum* para fabricação de produtos lácteos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 6., 2017, Belém. **Anais [...]**. Belém: M, 2017, p. 1-4.

MUGARAB-SAMEDIA, V. *et al.* Probiotics supplementation and length of hospital stay in neonates with gastrointestinal surgery. **International Journal of Surgery Protocols**, v. 6, p. 13-16, 2017.

NASCIMENTO, V.T. *et al.* Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. **Food Research International**, v.44, p. 2112-2119, 2011.

NASCIMENTO, V. T. *et al.* Famine foods of brazil's seasonal dry forests: Ethnobotanical and nutritional aspects. **Economic Botany**, v. 66, n. 1, p. 22-34, 2012.

NASCIMENTO, V. T. *et al.* Spontaneous edible plants known by inhabitants of Vau da Boa Esperança, Barreiras municipality, western Bahia state, Northeast Brazil. **Revista Ouricuri**, v. 5, n. 1, p. 86-109, 2015.

NETA, *et al.* Fermented Dessert with Whey, Ingredients from the Peel of Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) and an Indigenous Culture of *Lactobacillus plantarum*: Composition, Microbial Viability, Antioxidant Capacity and Sensory Features. **Nutrients**, v. 10, n. 9, p. 1-19, 2018.

NUNES, A. T. *et al.* Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, p. 1-12, 2015.

OLIVEIRA, M. E. G. *et al.* Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. **Scientia Agricola**, v. 69, n. 6, p. 370-379, 2012.

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

OLIVEIRA, A. M. *et al.* 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.

PARK, Y. W *et al.* Physico-chemical, characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n. 1, p. 88-113, 2007.

PATRIGNANI, F. Use of *Lactobacillus crispatus* to produce a probiotic cheese as potential gender food for preventing gynaecological infections. **PloS One**, v. 14, n. 1, 2019.

PINTO, N. C. C.; SCIO, E. The biological activities and chemical composition of *Pereskia* species (Cactaceae) - a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, p. 189-195, 2014.

PITINO, I. Survival of *Lactobacillus rhamnosus* strains inoculated in cheese matrix during simulated human digestion. **Food Microbiology**, v. 31, n. 1, p. 57-63, 2012.

PULINA, G. *et al.* Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 8, p. 6715-6729, 2018.

RADULOVIĆ, Z. *et al.* Survival of spray-dried and free-cells of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* 564 in soft goat cheese. **Animal Science Journal**, v. 88, n. 11, p. 1849-1854, 2017.

RANADHEERA, C. S.; BAINES, S. K.; ADAMS, M. C. Importance of food in probiotic efficacy. **Food Research International**, v. 43, p. 1-7, 2010.

RANADHEERA, C. S. *et al.* Effect of dairy probiotic combinations on in vitro gastrointestinal tolerance, intestinal epithelial cell adhesion and cytokine secretion. **Journal of Functional Foods**, v. 8, p. 18-2, 2014.

RANADHEERA, C. S. *et al.* Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 4, p. 867-882, 2019.

REID, A. A. Survival in food systems of *Lactobacillus rhamnosus* R011 microentrapped in whey protein gel particles. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 1, p. 31-37, 2007.

RIBEIRO, A. P. O. *et al.* Development of a probiotic non-fermented blend beverage with juçara fruit: Effect of the matrix on probiotic viability and survival to the gastrointestinal tract. **LWT- Food Science and Technology**, v. 118, 108756, 2020.

RODRIGUES, R. *et al.* *Lactobacillus rhamnosus* EM1107 in goat milk matrix modulates intestinal inflammation involving NF- κ B p65 and SOCs-1 in an acid-induced colitis model. **Journal of Functional Foods**, v. 50, n. 12, p. 78-92, 2018.

ROLIM, F. R. L. *et al.* Cheeses as food matrixes for probiotics: In vitro and in vivo tests. **Trends in Food Science & Technology**, v. 100, p.138-154, 2020.

ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M.; LOIOLA, M. I. B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.1, p.31-42, 2010.

RUITER, B. *et al.* Characterization of T cell epitopes in α _{s1}-casein in cow's milk allergic, atopic and non-atopic children. **Clinical and Experimental Allergy**, v. 36, n. 3, p. 303-310, 2006.

SANTILLO, A. *et al.* Functional Pecorino cheese production by using innovative lamb rennet paste. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 26, p. 389-396, 2014.

SANTINI, M. S. S., *et al.* Dried tomato-flavored probiotic cream cheese with *Lactobacillus paracasei*. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 11, p. 604-608, 2012.

SANTOS, K. M. O. *et al.* Probiotic caprine coalho cheese naturally enriched in conjugated linoleic acid as a vehicle for *Lactobacillus acidophilus* and beneficial fatty acids. **International Dairy Journal**, v. 24, n. 2, p. 107-112, 2012.

SANTOS, T. D. R. *et al.* Physical, chemical and sensory characteristics of cream goat cheese produced with Saanen and Alpine milk. **International Journal of Engineering Research & Science**, v. 2, p. 102-111, 2016.

SILVA, V. A. Diversidade de uso das cactáceas no Nordeste do Brasil: uma revisão. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 137-154, 2015.

SLACANAC, V. *et al.* Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. **International Journal of Dairy Technology**, v. 63, n. 2, p.171-189, 2010.

SOUSA, G. A. *et al.* 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 of Ethnopharmacology**, v. 218, p. 100-108, 2018.

SPERANZA, B. *et al.* Functional cream cheese supplemented with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* DSM 10140 and *Lactobacillus reuteri* DSM 20016 and prebiotics. **Food Microbiology**, v. 72, p. 16-22, 2018.

SPERRY, M. F. *et al.* 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.

TERPOU, A. *et al.* Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. **Nutrients**, v. 11, n. 7, a. 159, 2019.

TEKIN, A.; GÜLER, Z. Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. **Food Chemistry**, v. 286, p. 160-169, 2019.

TURKMEN, N.; AKAL, C.; ÖZER, B. Probiotic dairy-based beverages: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 53, p. 62-75, 2019.

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

VERRUCK, S. *et al.* Survival of *Bifidobacterium* BB-12 microencapsulated with full-fat goat's milk and prebiotics when exposed to simulated gastrointestinal conditions and thermal treatments. **Small Ruminant Research**, v.153, p.48-56, 2017.

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.

VIEITEZ, I. *et al.* Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 48, p. 95-101, 2016.

VIZOSO-PINTO, M. G. *et al.* *Lactobacillus* spp. with in vitro probiotic properties from human faeces and traditional fermented products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 109, n. 3, p. 205-214, 2006.

VOIGT, D. D. *et al.* Effect of high-pressure treatment on microbiology, proteolysis, lipolysis and levels of flavour compounds in mature blue-veined cheese. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 68-77, 2010.

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

WOLF, I. V. *et al.* Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggiano Argentino cheese: Characterization of Reggiano Argentino cheese. **Food Research International**, v. 43, n. 4, p. 1204-1211, 2010.

YURCHENKO, S. *et al.* Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish Landrace goats. **Food Chemistry**, v. 254, p. 326-332, 2018.

ZENG, S. S. *et al.* Predictive formulae for goat milk yield based on milk composition. **Small Ruminant Research**, v. 69, n. 1-3, p. 180-186, 2007.

ZHANG, L. *et al.* Manufacture of Cheddar cheese using probiotic *Lactobacillus plantarum* K25 and its cholesterol-lowering effects in a mice model. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 127-135, 2013.

ZHENG, J. *et al.* 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.

APÊDICES

APÊNDICE A – Artigo 1

Impact of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*) on goat cream cheese quality parameters

Impact of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*) on goat cream cheese quality parameters

Abstract

In this study we evaluated the impact of adding *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour on the technological, physicochemical, microbiological, sensory, and protein profiles of goat cream cheese throughout 21 days of refrigerated storage. Four cheese formulations were prepared: control (CC), with *L. plantarum* CNPC003 (PC), with xique-xique flour (XC), and with *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (PXC). At the end of the storage period, both XC and PXC tended towards a yellowish green hue, with less brightness; this probably due to the presence of xique-xique flour. PC and PXC were less firm, less adhesive, and presented greater elasticity, cohesiveness, and gumminess than either CC or XC. During storage, there was an increase in acidity- (reduction in pH), mainly in PXC. There was an expressive reduction in total protein content, with a concomitant increase in total free amino acids (TFAA) during storage in both PC and PXC. Addition of the probiotic culture and xique-xique flour (combined) at the end of shelf life resulted in higher viable probiotic cell counts (counts > 7 log CFU/g) compared to PC. The addition of xique-xique flour combined or not with *L. plantarum* impacted the perception of color and texture, according to the ideal scale. However, in the sensory acceptance of the formulations, the hedonic terms “I liked it a little” to “I liked it a lot” were between the hedonic terms. Thus, we can conclude that the flour of xique-xique and *L. plantarum* CNPC003 can be used in the production of goat curd without harming its technological or sensory characteristics, adding nutritional and functional value to the product.

Keywords: goat cheese, probiotic, Cactaceae, texture profile, amino acid profile.

1. Introduction

Goat milk presents a rich nutritional composition that promotes many benefits to human health (Verruck, Dantas & Prudencio, 2019). Interest in developing new products using this matrix is associated with its high nutritional value, this as a strategy to improve its sensory acceptance through technological processing (Lopes et al., 2021; Rolim, Freitas Neto, Oliveira, Oliveira & Queiroga, 2020). Cheese stands out among dairy products with a matrix that provides a favorable environment for maintaining probiotic strain viability until consumption (Felicio et al., 2016; Oliveira et al., 2014). The development of goat cream cheese may well provide a biotechnological process capable of delivering probiotic cultures.

The consumption of *L. plantarum* has been associated with consumer health effects (Abdelazez et al. 2018), such as improving the beneficial balance of the intestinal microflora (Kassayová et al., 2014), regulating the immune system (Maeda et al., 2014), reduce cholesterol levels (Ducrotté, Sawant & Jayanthi, 2012), and cancer risk (Nguyen, Kang & Lee, 2007). Probiotics are live microorganisms that can act as technological and therapeutic agents, improving the characteristics of a food matrix and promoting beneficial effects if consumed in adequate amounts (Hill et al., 2014).

The search for new probiotic lactic acid bacteria isolated from raw and fermented foods may reveal strains with promising functional and technological properties (Galdino et al., 2021). In a previous study, *L. plantarum* CNPC003 (formerly *L. plantarum* B12) isolated from milk and goat cheese demonstrated proteolytic capacity, milk acidification and coagulation with diacetyl production; combining technological characteristics and applicability to the production of dairy products (Abreu, 2015). The strain has been highlighted for promoting the production of exopolysaccharides (EPS), its antioxidant properties and potential application in the food industry (Bomfim et al., 2020) when combined with *Streptococcus thermophilus* and inulin, *L. plantarum* CNPC003 showed good fermentative performance in milk goat (Galdino et al.,

2021). *L. plantarum* CNPC003 when added to a non-fermented beverage made with a mixture of banana, strawberry and juçara, was also viable during storage and simulated digestion without affecting the sensory and physicochemical attributes (pH, acidity, sugars and anthocyanin content) (Ribeiro et al., 2020a).

In addition to supplementation with probiotic bacteria, the use of ingredients rich in fiber, phenolic compounds, and minerals (such as cactus), which are recognized as unconventional food plants, (UFPs), is a potential technological strategy to add nutritional and bioactive value to goat dairy products. One potential ingredient is xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), a cactus widely adapted to the dry climate of Northeastern Brazil (Furtado et al., 2019). In vivo studies have already demonstrated the protective and anti-inflammatory effects of xique-xique against rat paw edema (Dias et al., 2015), in colitis induction models (Assis et al., 2019), and its gastroprotective effects (Sousa et al., 2018). Yet the constituents of xique-xique and its potential for development of new products need further exploration (Dias et al., 2015).

In food products, the use of xique-xique is still poorly investigated. However, recent studies have demonstrated its potential in the preparation of juices (Assis et al., 2019; Ribeiro et al., 2020 b), goat yogurt with xique-xique jelly (Bezerril et al., 2021; Bezerril et al., 2022), goat probiotic yogurt supplemented with xique-xique flour (Dantas et al., 2022), and in xique-xique flour cookies (Machado et al., 2021).

The functional food potential of goat cheese, especially as a food matrix and source of varied probiotic bacteria has been reported previously (Lopes et al., 2021; Meira et al., 2015; Moraes et al., 2018; Oliveira et al., 2012; Radulović et al., 2017). However, research regarding addition of the potentially probiotic culture of *L. plantarum* CNPC003 in dairy products has been little explored. Further, there are no studies aimed at goat cream cheese supplementation with *L. plantarum* CNPC003 or enrichment with xique-xique flour. Considering this, we

developed a goat cream cheese supplemented with the autochthonous probiotic strain *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour, and then evaluated the impact of the addition of these ingredients on the technological, nutritional, microbiological, and sensory quality parameters of this food matrix during refrigerated storage.

2. Materials and methods

2.1 Raw material and ingredients

Cladodes of *P. gounellei* plants (two 30 kg batches, June 2018) were obtained from a privately owned cultivation, located in the municipality of Boa Vista, in the state of Paraíba, Brazil (Latitude 7.16762352, Longitude -36.1432815). Botanical identification of the plant was performed by Prof. Dr. Leonardo Person Felix of the Agricultural Sciences Center at the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), and the certified species was deposited in the Prof^o. Jaime Coelho Moraes Herbarium (CCA/UFPB), with voucher number 17,562. The collection was authorized by both the Brazilian Biodiversity Information System (n^o 62681), and by the National Genetic Heritage Management System (SISGEN, n^o. AA17429).

Goat milk was purchased from the Goat and Sheep Breeders Association of Zabelê-PB (ACCOZA). Freeze-dried probiotic culture of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 (formerly *L. plantarum* B12) (Genetic Heritage: BRMCTAA179), belonging to the "Microorganisms of Interest to the Food Industry Collection " at Embrapa - Goats and Sheep (Sobral, Ceará, Brazil), was previously isolated from samples of goat's milk (having been collected from an experimental Embrapa Goats and Sheep farm in Sobral, Ceará, Brazil). This strain was chosen due to its promising characteristics for application in foods, and was previously identified at the species level using molecular techniques (Abreu, 2015). Rennet – liquid coagulant HA-LA (Microbial Chemosin – *Aspergillus niger* var. *awamori*, - coagulant

power 1:3,000/75 IMCU) was purchased commercially from Christian Hansen[®] (Valinhos, Minas Gerais, Brazil). Xanthan gum was purchased from Leve Crock[®] (Piraí do Sul, Paraná, Brazil), and calcium chloride (CaCl₂) p.a. was purchased from FMaia[®] Ltda. (Cotia, São Paulo, Brazil).

2.2 Xique-xique flour processing

Xique-xique flour was prepared according to Machado et al. (2021), where the xique-xique cladodes were washed in running water and sanitized with immersion in chlorinated water (100 ppm/15 minutes) to remove soil residues and decontaminate. The husks were removed and the pulp separated from the central stalk. The central stalk was then cut into 1 cm thick slices and dried in an oven with air circulation ($40 \pm 1^{\circ}\text{C}$) until reaching 4% humidity. After drying, the xique-xique was ground in a knife mill (Willey, Solab[®], Piracicaba, São Paulo) and screened in a 100 mesh vibrating sieve. The flour was vacuum sealed in sterile polyethylene bags (approximately 100 g per bag), and these were then wrapped in aluminum foil and frozen ($-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$) until cheese production. The characterization of the flour was performed in a previous study by Machado (2019).

2.3 Preparation of the *L. plantarum* inoculum CNPC003

The inoculum was prepared by diluting 0.1 g of *L. plantarum* CNPC003 lyophilized in 10 mL of powdered goat's milk (Caprilat[®], Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brazil) previously reconstituted in sterile water, followed by incubation for 22 hours (stationary phase) at 37°C , and resulting in a final count of 8-9 log CFU/g. The counts were confirmed using inoculum dilutions with sterilized peptone water at a concentration of 0.1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA); 10 μL of these dilutions were poured onto MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK), supplemented with 0.5% cysteine, using microdroplet technique (Herigstad, Hamilton &

Heersink, 2001). The plates were incubated under anaerobic conditions (Anaerogen System Anaerogen, Oxoid) at 37°C for 48 h; the results were expressed in log CFU/g.

2.4 Production of goat cream cheese

The cheeses were prepared according to the methodology adapted from Santos et al. (2016). Four different types of cheese were produced: CC –goat cream cheese control (without addition of *L. plantarum* CNPC003 or xique-xique flour); PC – supplemented goat cream cheese (0.1 g of the probiotic bacteria *L. plantarum* CNPC003 per liter of milk - 0.1%); XC – supplemented goat cream cheese (1 g of xique-xique flour per 100 g of dough - 1%); and PXC - goat cream cheese supplemented with the probiotic *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour in the aforementioned proportions.

Initially, the goat milk was subjected to slow pasteurization (65°C/30 min), and then cooled to $37 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ for the addition of ingredients. The inoculum of the probiotic culture of *L. plantarum* CNPC003 was added at a concentration of 10 mL/L (XC and PXC), and then, calcium chloride solution (0.04 mL /L), liquid rennet (0.1 mL /L, microbial chemosin – *Aspergillus niger* var *awamori*, coagulant power 1:3,000/75 IMCU), equivalent to approximately 10% of the dose recommended by the manufacturer stated on the product packaging (Chr. Hansen) were each added. The rennet was previously dissolved in filtered water (1:1). A second agitation of the milk was performed for uniform distribution of the ingredients.

The milk was kept at rest for the lactic fermentation step, under BOD (Biochemical Oxygen Demand – Marconi, MA415, Piracicaba/SP, Brazil) with controlled temperature maintained at 37°C for about 12 hours. The end point of the process was defined by complete coagulation of the milk and the beginning of syneresis. The dough was then carefully cut into cubes, followed by draining, under refrigeration ($4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$) for 18 hours. Subsequently, the

base dough of the different cheeses was supplemented with salt (0.4 g/100 g of dough) and xanthan gum (0.5 g/100 g of dough). For the treatments XC and PXC, 1 g of xique-xique flour per 100 g of dough was added. After homogenization, the final product was packed in plastic containers with lids, containing 100 g each of cheese, and stored under refrigeration ($4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$) for 21 days.

The cheeses were processed in three independent experiments and analyzed in triplicate after 1, 7, 14, and 21 days of storage, with the exception of the sensory analyses which were performed on the 7th day of storage.

2.5 Technological, physical, and physicochemical characterization of the cheeses

The cream cheese yields were performed according to the methodology of Zeng et al. (2007) and expressed as fresh cheese weight, in grams, per 10 liters of milk (used for production). Texture parameters (firmness, elasticity, adhesiveness, gumminess, and cohesiveness) were analyzed according to Barbosa et al. (2016), using a TA-XT2[®] texturometer (Stable Micro Systems, Haslemere, UK), acrylic cylinder probe with a diameter of 25 mm, compression of 1 cm, and speed of 1 mm/s. Color determination was performed using the CIELab system, being L* (luminosity), a* [chromaticity (-) green / (+) red] and b* chromaticity [(-) blue / (+) yellow], and a colorimeter CR 400[®] (Konica Minolta, New Jersey, USA). Measurements were performed with the device previously calibrated, immediately after removal from its packaging.

The water activity (a_w) was determined at 25°C using an Aqualab[®] device (model CX-2 Water Activity System[®], Washington, USA), according to the manufacturer's instructions. A previously calibrated potentiometer (Q400AS; Quimis[®], Diadema, São Paulo, Brazil) was used to determine the pH, in accordance with the manufacturer's instructions. Lactic acid was determined by titration with a 0.1N sodium hydroxide solution (AOAC, 2019).

Moisture, ash, and protein contents (conversion factor of 6.38), analyses followed the procedures described by the *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). Lipid analysis was performed according to the technique described by Folch, Lees, and Stoane-Stanley (1957).

2.6 Protein characterization of the cheeses

2.6.1 Determination of soluble protein

The soluble protein content present in the cheese samples was determined according to the method described by Bradford (1976), in which the cheese samples were weighed and diluted at a proportion of 1 mg of sample to 1 mL of ultrapure water. A 100 μ L aliquot was removed from each duplicate dilution, and 2.5 mL of Bradford's reagent was added. Samples were read at 595 nm in a spectrophotometer (Ultrospec 1100 pro Amersham Biosciences, UK) after homogenization and standing for 10 min. A bovine serum albumin (BSA) curve was used as a standard.

2.6.2 Electrophoretic profile

Electrophoretic profiling was performed using the technique described by Laemmli (1970). The application gel (stacking gel) was prepared at a concentration of 7.5 to 17.5% polyacrylamide in 0.5 M Tris - HCl (Tris(hydroxymethyl)-aminomethane) buffer (Sigma-Aldrich), pH 6.8, and 1% SDS (sodium dodecyl sulfate) (Sigma-Aldrich). The separation gel was mounted forming a gradient of 3.5% polyacrylamide in 3 M Tris-HCl buffer, pH 8.8, and SDS at 1%. The samples were submitted to protein extraction at each storage time, following the methodology described by Egypt et al. (2002). Each run was performed under constant amperage (25 mA), and the gel was removed from the plate at the end of the run, then fixed in

12.5% TCA (Tricloacetic acid, Sigma-Aldrich) for one hour and stained with Coomassie brilliant blue R-250 to 0.005%. Removal of excess dye was carried out with a bleaching solution of methanol, acetic acid, and water (1:3.5:8 v/v/v). The molecular weights of the cheese protein fractions were compared using a molecular weight marker from 12 to 225 kDa (Amersham Rainbow Marker - GE Healthcare[®] full range¹).

2.6.3 Profile of total and free amino acids

The total amino acid profile was performed by pre-column derivatization of amino acids released after acid hydrolysis (6 mol/L) under heating (110°C/20 h) according to White, Hart & Fry, 1986. Free amino acids were determined without performing acid hydrolysis (Hagen et al., 1989). Derivatized amino acid analysis was performed using high performance liquid chromatography, HPLC (Shimadzu Organization, Kyoto, Japan). The amino acids were dissolved in diluent and introduced into the RP-HPLC column with a UV detector at 254 nm (Shimadzu Organization, Tokyo, Japan), equipped with a C18 Luna/ Phenomenex column (250 mm × 4.6 mm × 5 µ; Phenomenex Inc., Torrence, USA). Amino acids were quantified by comparison using Thermo Amino Acid Standard Scientific (Rockford, IL, USA) and DL-2-aminobutyric acid (Sigma-Aldrich[®], St.Louis, MO, USA) as an internal standard.

2.7 Hygienic-sanitary quality control and viability of *L. plantarum* CNPC003

To determine microbiological parameters, the methodology recommended by APHA (2015) was followed. Assessment of microbiological quality consisted in counting coagulase+ *staphylococci*, *Escherichia coli*, and the presence of *Salmonella* ssp., according to Brasil (2019).

The *L. plantarum* CNPC003 probiotic strain viability analysis in cheeses (XC and PXC) was performed by counting viable cells during storage. For this, 25 g of each cheese was added

to homogenized in 225 mL of peptone water (1 g/L), and 100 µL aliquots of each mixture were serially diluted in sterilized saline (8.5 g/L NaCl). Subsequently, 20 µL aliquots of each dilution were plated on MRS agar, supplemented with 0.5% cysteine, using microdroplet inoculation technique (Herigstad, Hamilton & Heersink, 2001). The plates were incubated at 37°C for 48 h under anaerobic conditions (Anaerogen System Anaerogen, Oxoid). Viable cell count results were expressed as log CFU/g.

2.8 Sensory analysis

Before performing sensory tests, the formulations were submitted to quality control analyses that included the counting of coagulase⁺ *staphylococci* and *E. coli* in CFU/g, and confirming the absence of *Salmonella* spp./25g (APHA, 2015), to ensure that the cheese formulations met the sanitary standards of Brazilian legislation (Brasil, 2019). The present study was submitted for evaluation by the Research Ethics Committee of the Health Sciences Center of the Federal University of Paraíba, approved under protocol number CAAE: 79748617.2.0000.5188, and recognized by the National Research Ethics Commission (CEP/CONEP).

The consumer acceptance test was performed using 102 consumers of goat dairy products (26 men and 77 women, between 20 and 40 years old; an average age of 32 years old). These evaluated the appearance, color, texture, aroma, and taste, and graded overall acceptance of the products using a structured nine-point hedonic scale (1 = extremely disliked; 5 = neither liked/disliked; 9 = extremely liked). Intent to purchase was assessed using a 5-point structured hedonic scale (1 = would never buy; 3 = might buy/maybe not buy; 5 = would certainly buy). Consumers also rated how close the formulations were to the ideal, as assessed by the JAR tests (Just About Right) (1 = extremely less than ideal; 5 = extremely greater than ideal) for the attributes of color, goat aroma, herbaceous aroma, consistency, texture, salt, acidity, and

herbaceous flavor, according to the methodology described by Costa et al. (2017). In all tests, samples were simultaneously and randomly served at a temperature of approximately 4°C in 50 mL white plastic cups coded with 3-digit random numbers. Natural mineral water was offered to clean the palate before and between samples. All tests were conducted in individual booths with white fluorescent lighting.

2.9 Statistical analysis

All assays were performed in triplicate and in three different experiments. The results were expressed as mean $\pm$ standard deviation. The results were submitted to Student's t - test or Analysis of Variance (ANOVA) followed by Tukey's test considering $p < 0.05$; in Sigma-Stat 3.5 software (Jandel Scientific Software, San Jose, California) (Sigmastat, 2006). For the JAR form, the difference between samples (given the scale of values for each attribute) was tested using the Friedman test.

3. Results and discussion

3.1 Technological characteristics

Table 1 presents the technological parameters for yield, color, and texture profile of the goat cream cheese formulations during the 21 days of cold storage. The cheeses presented a yield of 189.17 to 213.46 g/L, with no difference between the formulations ($p \geq 0.05$). For instrumental color, the formulations were presented as light yellowish-green color matrices, whose values range from 77.31 to 90.72 for the L^* parameter, from -2.03 to -0.75 for the key a^* , and from 5.85 to 9.68 for key b^* . The visual aspect of color is one of the most significant parameters in food products, including cheeses, and can be affected by spoilage, addition of ingredients, and shelf life (Pan et al., 2019). Incorporation of *L. plantarum* combined with

xique-xique flour had an influence on most of the instrumental color parameters evaluated ($p < 0.05$), suggesting that the probiotic products promoted a greater tendency to yellow and green, becoming less bright, especially at the end of storage.

For luminosity (L^*), at most of the times evaluated, higher values were observed for the PC formulation ($p < 0.05$). Supplementation with xique-xique flour contributed to the reductions of L^* in the XC and PXC formulations, as compared to PC ($p < 0.05$). This can be explained by the yellowish-green hue of the xique-xique flour. During storage, a reduction in luminosity was observed in all formulations, which can be attributed to solid matrix compaction due to the growth of soluble complexes that can reduce the opacity of the gel during the shelf life (Trigueros et al., 2014).

As for the instrumental colors a^* and b^* , we observed that the addition of xique-xique flour affected increases in these parameters in the XC and PXC formulations, where a green-yellow tone predominated ($p < 0.05$); corroborating the luminosity data, and being likely due to the influence of the yellowish-green color of xique-xique flour. Similar results were also observed by Bezerril et al. (2021), studying yogurts supplemented with xique-xique jelly, and by Machado et al. (2021), in cookies prepared with different concentrations of xique-xique flour (*Pilosocereu gounellei*).

As for the texture profile, in general, the formulations were characterized as having a soft and adhesive texture, with average values ranging from 1.30 to 3.58 N for firmness; 667.19 to 2579.14 g/s for stickiness; 0.07 to 0.96 for elasticity; 0.10 to 0.90 for cohesiveness; and 0.38 to 1.61 N for gumminess. Texture is often related to goat milk's composition, which presents small fat globules and low concentrations of $\alpha s1$ -casein, resulting in soft products (Costa et al., 2017).

Cheeses with high moisture content have a weaker protein which results in softer cheeses (Sant'Ana et al., 2013), corroborating our findings for firmness. The incorporation of

L. plantarum (PC and PXC) resulted in decreased firmness and adhesion, yet higher elasticity, cohesiveness, and gumminess ($p < 0.05$). Thus, the noted decrease in firmness and adhesiveness was a positive aspect of supplementation with the probiotic strain, which from a technological point of view is interesting, since cream cheeses are expected to have a soft and non-sticky texture.

During storage, most of formulations remained stable in terms of texture ($p \geq 0.05$), this, with the exception of CC, which presented an increase in adhesion, and a reduction in cohesiveness ($p < 0.05$). XC presented a decrease in cohesiveness and elasticity and an increase in the adhesiveness ($p < 0.05$).

3.2 Physical and physico-chemical characteristics

The physical and physicochemical characteristic values for the goat cream cheese during storage are shown in Table 2. As expected in fermented products such as cheeses, there was an increase in acidity, (reduction in pH), which was more expressive in the PXC formulation ($p < 0.05$). The decrease in pH is a natural process resulting from the post-acidification of cheeses, and is related to the activity of the starter and/or probiotic cultures during the storage period, which increase lactic acid production (Gengatharan, Dykes & Choo, 2017). After 21 days of storage, a higher pH was observed for the PXC cheese ($p < 0.05$). A higher pH may provide a more favorable environment for probiotics (Miranda et al., 2019), and may also result in greater consumer acceptance for the fermented product (Mantovani et al., 2020).

The cheese formulations presented water activity ranging from 0.922 to 0.925; pH from 5.92 to 6.85; lactic acid acidity from 0.25 to 0.77 g/100 g; ash from 1.03 to 1.38 g/100 g; moisture from 70.03 to 74.57 g/100 g; total protein from 9.02 to 11.83 g/100 g; and fat from 9.61 to 12.69 g/100 g (Table 2). These results are in the same range observed for cream cheese made from both cow's milk (Santini et al., 2012) and goat's milk (Barbosa et al., 2016). In

general, after 21 days of storage, the probiotic strain, xique-xique flour alone, or the combination (PC, XC, or PXC) formulations with higher moisture, lower ash, lower protein, and lower lipid contents resulted ($p < 0.05$). Further, the addition of *L. plantarum* (PC) in combination with xique-xique flour (XC) promoted a decline in fat content ($p < 0.05$) during storage. For the food processing industry, low fat content is an important aspect of food matrices, this from a nutritional point of view and a technological point of view as well since lipid oxidation is the main problem (affecting shelf-life) in the production of dairy products (Sartori et al., 2018).

3.3 Determination of soluble protein

Figure 1 shows the soluble protein content of the four goat cream cheese formulations (CC, PC, XC, and PXC) during refrigerated storage. There was a reduction in soluble protein during storage in all of the goat cream cheese formulations ($p < 0.05$). This likely occurred through the chemical process of obtaining the cream cheeses used in our study; through the action of renin together with fermentation by the lactic acid bacteria naturally present in milk (CC and XC), or fermentation by the probiotic strain intentionally added (PC and PXC). This involved three steps: 1st, casein hydrolysis (by a protease anchored to the cell envelope); 2nd, bacterial transport of peptides; and 3rd, intracellular hydrolysis of peptides into free amino acids (by peptidases) (Juillard, Lopez-Kleine & Monnet, 2016).

3.4 Electrophoretic profile

The protein profile of goat cream cheese revealed protein fractions ranging from 150 kDa to 12 kDa. These were identified as heavy chain immunoglobulins (150.0 kDa), lactoferritin (76 kDa), albumin (52 kDa), light chain immunoglobulins (31.0 kDa), β - casein (24.0 kDa), β -lactoglobulin (17.0 kDa), and α -lactalbumin (12.0 kDa) (Figure 2).

Electrophoresis in the formulations with probiotics (PC and PXC) revealed protein hydrolysis during storage, principally albumin, likely due to a higher fermentative metabolism induced by the presence of *L. plantarum* CNPC003 in the samples. In a previous study, *L. plantarum* CNPC003 (formerly *L. plantarum* B12) presented proteolytic capacity (Abreu, 2015), which would explain the results observed in electrophoresis. In these formulations, proteolysis can lead to the release of peptides with bioactive properties.

Bioactive peptides can be stimulated with use of initiator bacteria and/or probiotics, commonly used in the processing of dairy products, which have proteolytic activity through the action of renin peptidases and other coagulants (Madureira et al., 2010). These peptides, especially those found in goat milk and its derivatives, such as cheese, can act as antioxidants (Ahmed et al., 2015; Li et al., 2013), and with antibacterial (Esmailpour et al., 2016) and immunomodulatory activity (Eriksen et al., 2008), as well as presenting angiotensin inhibitory activity (Espejo-Carpio et al., 2013; Quirós, et al., 2013).

In the goat cream cheese samples, extra bands corresponding to α -lactalbumin, β -lactoglobulin and β -casein were also observed, probably due to part of the serum remaining in the samples, bands which remained intact during storage.

SDS-PAGE band intensities were associated with protein composition changes in the samples. Due to proteolysis, cheese proteins are considered more digestible than milk proteins, since biologically active peptides are released during storage (Borad, Kumar & Singh, 2017; Tarhan & Kaya, 2021).

3.5 Free amino acid profile

The total free amino acid (TFAA) profile of the goat cream cheeses during ripening is shown in Table 3. During storage, the TFAA concentration increased significantly ($p < 0.05$) for all cheese formulations with substantial differences between formulations. The increase in

TFAA during storage is in agreement with the results of Abellán et al. (2012), evaluating goat's milk cheese made with animal rennet and vegetable coagulant; as observed in goat's milk cheese made with differing coagulants (Pino et al., 2009); and in Caciocavallo cheese made with milk using differing species. (Niro et al., 2017). The differing TFAA levels reported in the works cited reveal the great variability in TFAA content with these cheeses. This is attributable to the differing cheese ages (maturation), different types of milk, different technologies, and differing maturation conditions.

17 free amino acids (FAA) were detected in the formulations, especially leucine, glutamic acid, phenylalanine, proline, and histidine, which after 21 days of storage were the majority amino acids in most formulations. Corroborating the TFAA results, there was an increase during storage for most of the FAA detected in the formulations; except for Aspartic acid in CC, Alanine, and Valine in PC, and Alanine in PXC, which after 21 days of storage presented reductions. It is noteworthy that the production of free amino acids contributes to the characteristic flavor of cheeses, in addition to contributing as precursors to other catabolic reactions that originate ketoacids, ammonia, amines, aldehydes, acids, and alcohols, which are essential contributors to cheese taste and aroma (Ilić et al., 2012).

Leucine was the most abundant amino acid in all formulations by the end of storage; This was in agreement with results reported by Poveda, Molina & Gómez-Alonso (2016a) for goat's milk cheeses. It is noteworthy that Leucine, together with other branched-chain amino acids (Valine), and aromatic amino acids (Phenylalanine, Tyrosine), and Methionine, constitute the main precursors of aromatic compounds in cheese (Yvon & Rijnen, 2001), and presented higher concentrations in the XC and PXC formulations after 21 days of storage.

3.6 Evaluation of the hygienic-sanitary conditions of the goat cream cheese formulations, and viability of L. plantarum CNPC003

Analysis of microbiological parameters and evaluating hygienic-sanitary conditions revealed that all of the processed goat cream cheese formulations were suitable for consumption throughout the entire period of cold storage. Coagulase positive staphylococci counts, *E. coli*, and (the absence of) *Salmonella* spp. were all in accordance with the criteria recommended by the current legislation (Brasil, 2019), indicating good manufacturing practices.

The viability of lactic acid bacteria, especially from probiotic cultures, in dairy products is an important indicator of functional quality (Feng et al., 2019). The probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 counts during storage are shown in Figure 3.

At the beginning of storage, *L. plantarum* counts ranged from 7.52 to 7.56 log CFU/g. There was a decrease in viable cell counts for this strain during cold storage ($p < 0.05$) in the PC (7.29 ± 0.02 log CFU/g to 6.98 ± 0.02 log CFU/g), and PXC (7.32 ± 0.01 log CFU/g to 7.26 ± 0.02 log CFU/g) formulations. By the end of the 21st day of cold storage, PXC presented a high count ($p < 0.05$) of *L. plantarum* CNPC003 (7.26 ± 0.01 log CFU/g) compared to the PC formulation (6.98 ± 0.03 log CFU/g). This can be attributed to the prebiotic effect that xique-xique flour promotes, and considering the total fiber content of this matrix of 16.59 ± 0.09 g/100 g (Machado et al., 2021). A previous study has demonstrated the prebiotic potential of freeze-dried xique-xique juice, stimulating multiplication and metabolism in various *Lactobacillus* isolates, similar to fructooligosaccharides (FOS), a proven prebiotic ingredient (Ribeiro et al., 2020b).

The formulations with *L. plantarum* (at the end of storage) showed values above the minimum recommended count for beneficial health effects, this corresponds to 6 log CFU/g (Terpou et al., 2019). Thus, the results suggest that *L. plantarum* was resistant to the storage conditions of the study, and that cream cheese when supplemented with xique-xique flour is an adequate way of maintaining probiotic strain viability until consumption (Diez -Gutierrez, 2020; Felicio et al., 2016; Rolim et al., 2020).

3.7 Sensory analysis

The results of the sensory acceptance and purchase intention tests are presented in Table 4. In general, for all sensory attributes evaluated, the consumers attributed scores that varied from 5.37 to 8.26 that in a scale of 9 points, lie between the hedonic terms “neither liked/nor disliked” and “liked it very much”. The assigned scores for purchase intent, whose hedonic terms ranged from “possibly would not buy” to “possibly would buy”, being in the range of 2.89 to 3.37.

The addition of *L. plantarum* CNPC003 and/or xique-xique flour did not have a negative impact on the sensory acceptance of the formulations, indicating that the changes observed for instrumental color, lactic acid acidity, and instrumental texture in the evaluated products did not interfere with consumer acceptance, but demonstrating the technological feasibility for commercialization of the formulations. The pronounced taste of goat's milk likely influenced the lower scores assigned to all formulations when the attribute of "flavor" was evaluated by consumers. Butyric (C4:0), caproic (C6:0), caprylic (C8:0) and capric (C10:0) acids are typical in goat milk and make the derived products present a characteristic sensorially distinct flavor and aroma (Gomes et al., 2013; Vieitez et al., 2016; Yurchenko et al., 2018) which impacts the sensory acceptance of these products. Even so, the perception of "goat flavor" did not affect overall acceptance, with scores above 6 (“liked slightly” to “liked moderately”).

In general, the average scores obtained for most of the evaluated attributes were above 5.0, demonstrating good acceptance by the consumers. The result is relevant, considering the potential benefits to consumer health that can be provided by these cheeses. It also demonstrates that the addition of plant components is an option towards alleviating the ongoing difficulties encountered in marketing of goat-based dairy products (Costa et al., 2017; Bezerril et al., 2021; Feng et al., 2019).

The JAR results for cream cheeses are presented in Table 5. On a 5-point scale, consumers assigned scores in the range of 2.58 to 4.00, suggesting that they thought the color, goat aroma, herbaceous aroma, consistency, texture, salt, acidity, and herbaceous flavor in the formulations were close to ideal. In general, for most of the attributes evaluated, the addition of *L. plantarum* CNPC003 and/or xique-xique flour did not impact the JAR ($p \geq 0.05$), except for color, texture, and acidity. The darker color of cheese with xique-xique flour (XC and PXC) was considered less ideal than the color of the conventional product (CC) ($p < 0.05$). The acidity of cheeses with *L. plantarum* CNPC003 and/or xique-xique flour (PC, XC and PXC) was considered closer to ideal than the control cheese (CC) ($p < 0.05$), and it is important to mention that xique-xique flour gave the products a herbaceous aroma and flavor, which was considered close to ideal (scores of 3.53 - 3.05 and 2.74 - 3.58, respectively).

5. Conclusion

This is the first study to evaluate the impact of supplementation with the autochthonous probiotic strain *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour on the technological, nutritional, microbiological, and sensory parameters of goat cream cheese. The addition of xique-xique flour resulted (by the end of storage), in cheeses with a yellowish green hue. The incorporation of *L. plantarum* CNPC003 influenced texture parameters and reduced total protein content during storage, while promoting a concomitant increase in total free amino acids (TFAA). Combining probiotic culture and xique-xique flour resulted (during storage) in acidity increases with concomitant reductions in pH. At the end of the shelf life, the addition of both probiotic culture and xique-xique flour had resulted in higher viable probiotic cell counts (counts $> 7 \log$ CFU/g) as compared to the control formulation. The addition of xique-xique flour (whether combined with *L. plantarum* or not) impacted color perception and texture attributes, as measured by the ideal scale. However, it did not seem to affect consumer acceptance. Our study

results help promote the use of *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour in goat's milk cheese formulations, resulting in products with wider applicability in the functional food industry.

Referências

- Abdelazez, A., Abdelmotaal, H., Zhu, Z. T., Fang-Fang, J., Sami, R., Zhang, L. J., Al-Tawaha, A. R., Meng X. C. (2018). Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. *Advances in Environmental Biology*, 12(1): 16-27.
<http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aeb/aeb/2018/January/16-27.pdf>
- Abellán, A., Cayuela, J. M., Pino, A., Martínez-Cachá, A., Salazar, E., & Tejada, L. (2012). Free amino acid content of goat's milk cheese made with animal rennet and plant coagulant. *Journal of the science of food and agriculture*, 92(8), 1657-1664. <https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.5528>
- Abreu, L. R (2015). Identification and characterization of probiotic potential of bacteria isolated from milk and goat cheese. (in Portuguese) Dissertation (Master's in Biotechnology). Sobral: Faculty of Medicine, Federal University of Ceará, 2015.
- Ahmed, S., El-Bassiony, T., Elmalt, L. M., & Ibrahim, H. R. (2015). Identification of potent antioxidant bioactive peptides from goat milk proteins. *Food Research International*, 74, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.032>.
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Rockville, MD: AOAC International, ISBN 978-0-935584-87-5.
- APHA. (2015). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 15th ed. Washington: American Public Health Association.
<https://doi.org/10.2105/MBEF.0222>
- Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. S., Andrade, L. F. L. I., Araújo, A. A., Araújo, R. F. J., & Queiroga, R. C. R. E. (2019). Intestinal anti-inflammatory activity of xique-xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. *Food & Function*, 10, 7275–7290.
<https://doi.org/10.1039/c9fo00920e>.
- Barbosa, I. C., Oliveira, M. E. G., Madruga, M. S., Gullón, B., Pacheco, M. T. B., Gomes, A. M. P, ... & Queiroga, R. C. R. E. (2016). Influence of the addition of *Lactobacillus acidophilus* La-05, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb-12 and inulin on the technological, physicochemical, microbiological and sensory features of creamy goat cheese. *Food & Function*, 7(10), 4356-4371. <https://doi.org/10.1039/C6FO00657D>
- Bezerril, F. F., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Souza, M. F. V., Figueiredo, R. M. F., Lima, M. S., ... Queiroga, R. C. R. E. (2021). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 139, 110512.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>
- Bezerril, F. F., Pimentel, T. C., Sant'Ana, A. M. S., Souza, M. F. V., Medeiros, L. L., Galvão, M., Madruga, M. S., Queiroga, R. C. R. E., & Magnani, M. (2022). *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*, 154, 112598. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112598>.

- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Brazil, National Health Surveillance Agency (Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Diretoria Colegiada). 2019. Lista de Padrões Microbiológicos para Alimentos. Instrução Normativa no. 60, de 23 de dezembro de 2019. (In Portuguese.)
- Bomfim, V. B., Lopes Neto, J. H. P., Leite, K. S., Vieira, E. A., Iacomini, M., Silva, C. M., Santos, K. M. O., & Cardarelli, H. R. (2020). Partial characterization and antioxidant activity of exopolysaccharides produced by *Lactobacillus plantarum* CNPC003. *LWT – Food Science and Technology*, 127, 109349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109349>.
- Borad, S. G., Kumar, A., & Singh, A. K. (2017). Effect of processing on nutritive values of milk protein. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3690–3702. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1160361>
- 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. (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>.
- Dantas, D. L. S., Viera, V. B., Soares, J. K. B., dos Santos, K. M. O., Egito, A. S., Figueirêdo, R. M. F., ... & Oliveira, M. E. G. (2022). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: Improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 158, 113165. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113165>
- Dias, G. E. N., Gergonio, 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 (2015). Acute Oral toxicity and anti-inflammatory activity of ethanolic Eextract from *Pilosocereus gounellei* (Fac Weber) in rats. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 7(5), 1-6.
- Diez-Gutiérrez, L., Vicente, L. S., Barrón, L. J. R., Villarán, M. C., & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103669. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103669>.
- Ducrotté, P., Sawant, P., & Jayanthi, V. Clinical trial: *Lactobacillus plantarum* 299v (DSM 9843) improves symptoms of irritable bowel syndrome. (2012). *World journal of gastroenterology: WJG*, 18(30), 4012-4018. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i30.4012>
- Egito, A. S., Miclo, L., López, C., Adam, A., Girardet, J. M., & Gaillard, J.L. (2002). Separation and characterization of mares' milk alpha (s1)-, beta-, kappa-caseins, gamma-casein-like, and proteose peptone component 5-like peptides. *Journal of dairy science*, 85(4), 697-706. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74126-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74126-X)
- Eriksen, E. K., Vegarud, G. E., Langsrud, T., Almaas, H., & Lea, T. (2008). Effect of milk proteins and their hydrolysates on *in vitro* immune responses. *Small Ruminant Research*, 79(1), 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.003>
- Esmailpour, M., Reza Ehsani, M., Aminlari, M., Shekarforoush, S., & Hoseini, E. (2016). Antimicrobial activity of peptides derived from enzymatic hydrolysis of goat milk caseins. *Comparative Clinical Pathology*, 25, 599-615. <https://doi.org/10.1007/s00580-016-2237-x>
- Espejo-Carpio, F. J., Pérez-Galvez, R., Guadix, E. M., & Guadix, A. (2013). Angiotensin I converting enzyme inhibitory activity of enzymatic hydrolysates of goat milk protein fractions. *International Dairy Journal*, 32, 175-783. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.04.002>

- Felicio, T. L. et al., Esmerino, E. A., Vidal, V. A. S., Cappato, L. P., Garcia, R. K. A., Cavalcanti, R. N., ... & Cruz, A. G. (2016). Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. *Food Chemistry*, 196, 628-637. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.102>
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., ... & Zhang, F. (2019). Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food Chemistry*, 277, 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.104>
- 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>
- Galdino, I. K. C. P. O., Oliveira, M. M., Oliveira, A. T., Silva, G. M., Oliveira, T. A., Santos, K. M. O., Egito, A. S., & Buriti, F. C. A. (2021). Fermentative behavior of native lactobacilli in goat milk and their survival under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 135, 109905. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109905>
- Gengatharan A., Dykes, G. A., & Choo, W. S. (2017) The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential application in yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 437-445. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.014>
- Gomes, J. J. L., Duarte, A. M., Batista, A. S. M. Figueiredo, R. M. F., Sousa, E. P., Souza, E. L., & Queiroga, R. C. R. E. (20013). Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. *LWT – Food Science and Technology*, 54(1), 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.022>
- Hagen, S. R.; Frost, B.; Augustin, J. (1989). Pre column phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 912-916.
- Herigstad, B., Hamilton, M. & Heersink, J. (2001) How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 44, 121-129. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(00\)00241-4](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(00)00241-4)
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & 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>
- Iličić, M. D., Milanović, S. D., Carić, M. Đ., Kanurić, K. G., Vukić, V. R., Hrnjez, D. V., & Ranogajec, M. I. (2012). Volatile compounds of functional dairy products. *Acta Periodica Technologica*, 43, 11-19. <https://doi.org/10.2298/APT1243011I>
- Juillard, V., Lopez-Kleine, L., Monnet, V. (2016). Proteolytic Systems of Lactic Acid Bacteria (LAB). In *The Reference Module in Food Sciences*, Elsevier Ed.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- Li, Z., Jiang, A., Yue, T., Wang, J., Wang, Y., & Su, J. (2013). Purification and identification of five novel antioxidant peptides from goat milk casein hydrolysates. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 4242-4251. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6511>
- Lopes, L. A. A., Pimentel T. C., Carvalho, R. D. S. F., Madruga, M. S., Sousa Galvão, M., T.K.A. Bezerra, ... & 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>.
- Machado, A. D. G. (2019). Development of xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*): nutritional characterization, rheological properties and their use in the preparation of cookies. (in Portuguese) Thesis (Doctoral in Science and Technology of Food.). João Pessoa: Federal University of Paraíba, 2019.
- Machado, A. D. G., Pacheco, M. T. B., Queiroga, R. C. R. E., Cavalcante, L. M., Bezerril, F. F., Ormenese, R. C. S. C., ... Oliveira, M. E. G. (2021). Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *PLoS ONE*, 16, e0255287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255287>
- Madureira, A. R., Tavares, T., Gomes, A. M. P., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2010). Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. *Journal Dairy Science*, 93, 2, 437–455. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2566>
- Maeda, M., Shibata, A., Biswas, G., Korenaga, H., Kono, T., Itami, T., & Sakai, M. (2014) Isolation of Lactic Acid Bacteria from Kuruma Shrimp (*Marsupenaeus japonicus*) Intestine and Assessment of Immunomodulatory Role of a Selected Strain as Probiotic. *Mar Biotechnol*, 16, 181–192. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10126-013-9532-1>
- Mantovani, F. D., Bassetto, M. C., Souza, C., Aragon, D. C., Santana, E. H., Pimentel, T. C., & Aragon-Alegro, L. C. (2020). Is there an impact of the dairy matrix on the survival of *Lactobacillus casei* Lc-1 during shelf life and simulated gastrointestinal conditions? *Journal of the science of food and agriculture*, 100 (1), 32-37. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9988>
- Meira, Q., Magnani, M., de Medeiros Júnior, F. C., Queiroga, R., Madruga, M. S., Gullón, B., Gomes, A., Pintado, M., & de Souza, E. L. (2015). Effects of added *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* probiotics on the quality characteristics of goat ricotta and their survival under simulated gastrointestinal conditions. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 76(Pt 3), 828–838. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.002>
- 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>.
- Moraes, G. M. D., Santos, K. M. O., Barcelos, S. C., Lopes, S. A., & Egito, A. S. (2018). Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. *LWT - Food Science and Technology*, 94, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.028>
- Nguyen, T. D., Kang, J. H., Lee, M. S. (2007). Characterization of *Lactobacillus plantarum* pH 04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International journal of food microbiology*, 113(3), 358-361. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.08.015>
- Niro, S., Succi, M., Tremonte, P., Sorrentino, E., Coppola, R., Panfili, G., & Fratianni, A. (2017). Evolution of free amino acids during ripening of Caciocavallo cheeses made with different milks. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9521-9531. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13308>
- Oliveira, M. E. G., Garcia, E. F., Queiroga, R. C. R. E. & Souza, E. L. (2012). Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. *Scientia Agricola*, 69(6), 370-379. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000600005>

- Oliveira, M. E. G., Garcia, E. F., Oliveira, C. E. V., Gomes, A. M. P., Pintado, M. M. E., Madureira, A. R. M. F., ... & Souza, E. L. (2014). Addition of probiotic bacteria in a semi-hard goat cheese (coalho): Survival to simulated gastrointestinal conditions and inhibitory effect against pathogenic bacteria. *Food Research International*, 64, 241-247. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.032>
- Pan, Li-Hua., Liu, F., Luo, Shui-Zhong., & Luo, Jian-Ping. (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 108479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479>.
- Pino, A., Prados, F., Galán, E., Vivo, R., & Fernández-Salguero, J. (2009). Amino acids evolution during ripening of goats' milk cheese manufactured with different coagulants. *International Journal of Food Science + Technology*, 44(10), 2062-2069. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1365-2621.2009.02031.x>
- Poveda, J. M., Molina, G. M., & Gómez-Alonso, S. (2016). Variability of biogenic amine and free amino acid concentrations in regionally produced goat milk cheeses. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.012>
- Quirós, A., Hernández-Ledesma, B., Ramos, M., Amigo, L., & Recio, I. (2005). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of peptides derived from caprine kefir. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3480-3487. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73032-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73032-0)
- Radulović, Z., Miočinović, J., Mirković, N., Mirković, M., Paunović, D., Ivanović, M., & Seratlić, S. (2017). Survival of spray-dried and free-cells of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* 564 in soft goat cheese. *Animal Science Journal*, 88(11), 1849-1854. <https://doi.org/10.1111/asj.12802>
- Ribeiro, A. P. O., Gomes, F. S., Santos, K. M. O., Matta, V. M., Sá, D. G. C. F., Santiago, M. C. P. A., Conte, C., Costa, S. D. O., Ribeiro, L. O., Godoy, R. L. O., & Walter, E. H. M. (2020a). Development of a probiotic non-fermented blend beverage with juçara fruit: Effect of the matrix on probiotic viability and survival to the gastrointestinal tract. *LWT – Food Science and Technology*, 118, 108756. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108756>
- Ribeiro, T. S., Sampaio, K. B., Menezes, F. N. D. D., Assis, P. O. A., Lima, M. S., Oliveira, M. E. G., & Queiroga, R. C. R. E. (2020b). In vitro evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. *3 Biotech*, 10, 448. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02442-8>.
- Rolim, F. R. L., Freitas Neto, O. C., Oliveira, M. E. G., Oliveira, C. J. B., & Queiroga, R. C. R. E. (2020). Cheeses as food matrixes for probiotics: In vitro and in vivo tests. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 138-154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.008>
- Sant'Ana, A. M. S., Bezerril, F. F., Madruga, M. S., Batista, A. S. M., Magnani, M., Souza, E. L. & Queiroga, R. C. R. E. (2013). Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. *Journal of Dairy Science*, 96, 7442-7453. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6915>
- Santini, M. S., Koga, E. C., Aragon, D. C., Santana, E. H., Costa, M. R., Costa, G. N., & Aragon-Alegro, L. C. (2012). Dried tomato-flavored probiotic cream cheese with *Lactobacillus paracasei*. *Journal of Food Science*, 77(11), 604-608. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02931.x>
- Santos, T. D. R., Gonçalves, B., Carvalho, S. A., Fernandes, S. A. A., & Ferrão, S. P. B. (2016). Physical, chemical and sensory characteristics of cream goat cheese produced with Saanen and Alpine milk. *International Journal of Engineering Research & Science*, 2, p. 102-111.

- Sartori, A. G. O., Alencar, S. M., Bastos, D. H. M., Regitano d'Arce, M. A. B., & Skibsted, L. H. (2018). Effect of water activity on lipid oxidation and nonenzymatic browning in Brazil nut flour. *European Food Research and Technology*, 244, 1657–1663. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3078-4>
- SIGMASTAT. (2006). (computer program). Commercial: Point Richmond (California). Version 3.5.
- Sousa, G. A., Oliveira, I. S., Silva-Freitas, F. V., Viana, A. F. S. C., Neto, B. P. S., Cunha, F. 540 V. M., ... Oliveira, F. A. (2018). Gastroprotective effect of ethanol extracts of cladodes and roots of *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl (Cactaceae) on experimental ulcer models. *Journal Ethnopharmacology*, 218, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.009>.
- Tarhan, O., Kaya, A. (2021) Investigation of the compositional and structural changes in the proteins of cow milk when processed to cheese, *LWT - Food Science and Technology*, 151, 112102. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112102>.
- Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K. M Kachrimanidou, V., Bonesnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients*, 11(7),1591 <https://doi.org/10.3390/nu11071591>
- Trigueros, L., Wojdylo, A., & Sendra, E. (2014). Antioxidant activity and protein-polyphenol interactions in a pomegranate (*Punica granatum* L.) yogurt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 6417–6425. <https://doi.org/10.1021/jf501503h>
- Verruck, S., Dantas, A., Prudencio, E. S. (2019). 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*, 52, 243-257. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017>
- Vieitez, I., Irigaray, B., Callejas, N., González, V., Gimenez, S., Arechavaleta, A., Grompone, M., & Gámbaro, A. (2016). Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.02.010>
- White, J. A.; Hart, R. J.; Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8, 170-177. <https://doi.org/10.1155/S1463924686000330>
- Yurchenko, S., Sats, A., Tatar, V., Kaart, T., Mootse, H., Jõudu, I. (2018). Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish Landrace goats. *Food Chemistry*, 254, 326-332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.041>
- Yvon, M., & Rijnen, L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal*, 11, 185-201. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00049-8)
- Zeng, S. S., Soryal, K., Fekadu, B., Bah, B. & Popham, T. (2007). Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Ruminant Res.*, 69, 180–186. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.01.007>

Table 1. Yield, color parameters and texture profile of creamy goat cheese during 21 days of refrigerated storage.

Parameters	Days of storage	Formulations			
		CC	PC	XC	PXC
Yield (g/L)	1	213.46 ± 32.23 ^A	208.34 ± 19.33 ^A	195.70 ± 57.22 ^A	189.17 ± 46.44 ^A
L*	1	83.31 ± 0.06 ^{Db}	90.72 ± 0.19 ^{Aa}	84.75 ± 0.32 ^{Ca}	85.84 ± 0.05 ^{Ba}
	7	85.04 ± 0.04 ^{Ba}	86.21 ± 0.22 ^{Ab}	81.71 ± 0.16 ^{Db}	83.89 ± 0.09 ^{Cb}
	14	81.75 ± 0.05 ^{Bc}	85.61 ± 0.15 ^{Ac}	78.03 ± 0.01 ^{Dc}	79.72 ± 0.30 ^{Cc}
	21	81.39 ± 0.19 ^{Ac}	81.99 ± 0.19 ^{Ad}	77.31 ± 0.19 ^{Cd}	79.91 ± 0.11 ^{Bc}
a*	1	-1.83 ± 0.04 ^{Ba}	-2.01 ± 0.02 ^{Aa}	-1.99 ± 0.02 ^{Aa}	-1.54 ± 0.03 ^{Ca}
	7	-0.82 ± 0.02 ^{Db}	-1.18 ± 0.01 ^{Cc}	-1.85 ± 0.01 ^{Ab}	-1.41 ± 0.02 ^{Bb}
	14	-0.75 ± 0.02 ^{Dc}	-1.27 ± 0.01 ^{Cb}	-2.03 ± 0.04 ^{Aa}	-1.36 ± 0.01 ^{Bc}
	21	-0.75 ± 0.01 ^{Dc}	-1.16 ± 0.01 ^{Bc}	-1.81 ± 0.02 ^{Ab}	-0.96 ± 0.01 ^{Cd}
b*	1	5.85 ± 0.01 ^{Cd}	7.48 ± 0.07 ^{Bb}	9.08 ± 0.07 ^{Ab}	7.46 ± 0.04 ^{Bd}
	7	6.86 ± 0.01 ^{Cc}	7.91 ± 0.02 ^{Ba}	9.66 ± 0.07 ^{Aa}	7.73 ± 0.08 ^{Bc}
	14	6.47 ± 0.02 ^{Db}	7.95 ± 0.06 ^{Ca}	9.68 ± 0.09 ^{Aa}	8.43 ± 0.09 ^{Bb}
	21	7.43 ± 0.08 ^{Ca}	7.43 ± 0.03 ^{Cb}	8.39 ± 0.06 ^{Bc}	9.22 ± 0.04 ^{Aa}
Hardness (N)	1	3.58 ± 0.60 ^{Aa}	1.85 ± 0.53 ^{Ba}	2.75 ± 0.18 ^{ABa}	1.76 ± 0.25 ^{Ba}
	7	2.95 ± 0.45 ^{Aa}	1.70 ± 0.32 ^{Ba}	2.66 ± 0.27 ^{Aa}	1.41 ± 0.20 ^{Ba}
	14	2.57 ± 0.15 ^{Aa}	1.45 ± 0.30 ^{Ba}	2.52 ± 0.35 ^{Aa}	1.30 ± 0.08 ^{Ba}
	21	3.15 ± 0.69 ^{Aa}	1.38 ± 0.05 ^{Ba}	3.40 ± 0.31 ^{Aa}	1.41 ± 0.20 ^{Ba}
Adhesiveness (g/s)	1	2290.95 ± 112 ^{Ab}	781.39 ± 105 ^{Ba}	2145.78 ± 165 ^{Ab}	870.05 ± 87.7 ^{Ba}
	7	2527.63 ± 70.5 ^{Aa}	748.65 ± 66.3 ^{Ba}	2167.48 ± 100 ^{Ab}	787.53 ± 61.2 ^{Ba}
	14	1839.97 ± 415 ^{Ab}	729.51 ± 14.8 ^{Ba}	2242.26 ± 18.3 ^{Aab}	667.19 ± 46.6 ^{Ba}
	21	2579.14 ± 33.5 ^{Aa}	715.46 ± 27.1 ^{Ba}	2515.34 ± 44.1 ^{Aa}	728.05 ± 96.6 ^{Ba}
Springiness	1	0.19 ± 0.04 ^{Ba}	0.93 ± 0.01 ^{Aa}	0.34 ± 0.15 ^{Ba}	0.94 ± 0.01 ^{Aa}
	7	0.13 ± 0.03 ^{Ba}	0.70 ± 0.28 ^{Aa}	0.21 ± 0.04 ^{Ba}	0.94 ± 0.02 ^{Aa}
	14	0.13 ± 0.03 ^{Ba}	0.93 ± 0.01 ^{Aa}	0.18 ± 0.05 ^{Bab}	0.94 ± 0.01 ^{Aa}
	21	0.07 ± 0.02 ^{Ba}	0.95 ± 0.01 ^{Aa}	0.13 ± 0.03 ^{Bb}	0.96 ± 0.01 ^{Aa}
Cohesiveness	1	0.24 ± 0.03 ^{Ba}	0.87 ± 0.01 ^{Aa}	0.32 ± 0.10 ^{Bab}	0.87 ± 0.01 ^{Aa}
	7	0.22 ± 0.01 ^{Ca}	0.87 ± 0.01 ^{Aa}	0.35 ± 0.07 ^{Ba}	0.82 ± 0.01 ^{Aa}
	14	0.18 ± 0.03 ^{Ca}	0.88 ± 0.01 ^{Aa}	0.25 ± 0.01 ^{Bb}	0.89 ± 0.01 ^{Aa}
	21	0.10 ± 0.03 ^{Bb}	0.90 ± 0.01 ^{Aa}	0.15 ± 0.04 ^{Bc}	0.88 ± 0.01 ^{Aa}
Gumminess (N)	1	0.77 ± 0.28 ^{Aa}	1.61 ± 0.45 ^{Aa}	1.02 ± 0.41 ^{Aa}	1.53 ± 0.21 ^{Aa}
	7	0.75 ± 0.15 ^{Ba}	1.24 ± 0.03 ^{Aa}	0.57 ± 0.19 ^{Ba}	1.49 ± 0.27 ^{Aa}
	14	0.82 ± 0.23 ^{ABa}	1.28 ± 0.27 ^{Aa}	0.63 ± 0.16 ^{Ba}	1.16 ± 0.07 ^{ABa}
	21	0.38 ± 0.05 ^{Ba}	1.34 ± 0.05 ^{Aa}	0.52 ± 0.08 ^{Ba}	1.23 ± 0.18 ^{Aa}

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

^{A-B} Mean $\pm$ standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$), between formulations ($n = 12$).

^{a-b} Mean $\pm$ standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$), over storage time ($n = 12$).

L* ranging from 0 (black) to 100 (white), a* ranging from green (-a*) to red (+a*) and b* ranging from blue (-b*) to yellow (+b*).

Table 2. Chemical composition and physicochemical characteristics of creamy goat cheese during 21 days of cold storage.

Parameters	Days of storage	Formulations			
		CC	PC	XC	PXC
Aw ¹	1	0.924 ± 0.001 ^{Aa}	0.922 ± 0.001 ^{Cb}	0.923 ± 0.001 ^{Ba}	0.924 ± 0.001 ^{Ab}
	7	0.923 ± 0.001 ^{Cb}	0.923 ± 0.001 ^{Ca}	0.922 ± 0.001 ^{Bb}	0.924 ± 0.001 ^{Ab}
	14	0.923 ± 0.001 ^{Bb}	0.923 ± 0.001 ^{Ba}	0.923 ± 0.001 ^{Ba}	0.925 ± 0.001 ^{Aa}
	21	0.922 ± 0.001 ^{Cc}	0.923 ± 0.001 ^{Ba}	0.923 ± 0.001 ^{Ba}	0.925 ± 0.001 ^{Aa}
pH	1	6.75 ± 0.01 ^{Da}	6.83 ± 0.01 ^{Ba}	6.85 ± 0.00 ^{Aa}	6.81 ± 0.01 ^{Ca}
	7	6.45 ± 0.00 ^{Db}	6.47 ± 0.00 ^{Cb}	6.74 ± 0.01 ^{Ab}	6.58 ± 0.01 ^{Bb}
	14	6.19 ± 0.01 ^{Dc}	6.46 ± 0.01 ^{Bb}	6.41 ± 0.01 ^{Cc}	6.60 ± 0.00 ^{Ab}
	21	5.92 ± 0.00 ^{Dd}	6.20 ± 0.01 ^{Cc}	6.31 ± 0.01 ^{Bd}	6.41 ± 0.01 ^{Ac}
Lactic acid acidity (g/100 g)	1	0.25 ± 0.01 ^{Ad}	0.25 ± 0.02 ^{Ad}	0.25 ± 0.01 ^{Ad}	0.26 ± 0.01 ^{Ad}
	7	0.37 ± 0.01 ^{Cc}	0.36 ± 0.01 ^{Cc}	0.42 ± 0.01 ^{Bc}	0.52 ± 0.01 ^{Ac}
	14	0.42 ± 0.01 ^{Cb}	0.43 ± 0.01 ^{Cb}	0.52 ± 0.01 ^{Bb}	0.68 ± 0.01 ^{Ab}
	21	0.52 ± 0.01 ^{Da}	0.69 ± 0.01 ^{Ba}	0.61 ± 0.02 ^{Ca}	0.77 ± 0.01 ^{Aa}
Ash (g/100g)	1	1.37 ± 0.14 ^{Aa}	1.03 ± 0.04 ^{Ba}	1.23 ± 0.05 ^{ABa}	1.13 ± 0.03 ^{Ba}
	7	1.32 ± 0.04 ^{Aa}	1.14 ± 0.15 ^{Aa}	1.23 ± 0.06 ^{Aa}	1.22 ± 0.05 ^{Aa}
	14	1.38 ± 0.06 ^{Aa}	1.13 ± 0.09 ^{Ba}	1.25 ± 0.06 ^{ABa}	1.25 ± 0.04 ^{ABa}
	21	1.33 ± 0.04 ^{Aa}	1.12 ± 0.08 ^{Ba}	1.24 ± 0.04 ^{ABa}	1.10 ± 0.10 ^{Ba}
Moisture (g/100 g)	1	71.56 ± 0.60 ^{Ba}	74.57 ± 0.41 ^{Aa}	72.42 ± 0.52 ^{Ba}	72.37 ± 0.30 ^{Ba}
	7	70.90 ± 0.62 ^{Cab}	74.09 ± 0.15 ^{Aab}	72.20 ± 0.39 ^{BCa}	72.48 ± 0.53 ^{Ba}
	14	70.11 ± 0.32 ^{Bab}	72.60 ± 0.19 ^{Ab}	72.31 ± 0.35 ^{Aa}	72.22 ± 0.52 ^{Aa}
	21	70.03 ± 0.34 ^{Bb}	72.25 ± 0.15 ^{Ab}	71.76 ± 0.42 ^{Aa}	71.63 ± 0.47 ^{Aa}
Protein (g/100g)	1	11.82 ± 0.01 ^{Aa}	10.26 ± 0.35 ^{Ba}	11.32 ± 0.14 ^{Aa}	10.52 ± 0.42 ^{Ba}
	7	11.73 ± 0.16 ^{Aa}	9.66 ± 0.12 ^{Ba}	11.73 ± 0.22 ^{Aa}	10.15 ± 0.43 ^{Ba}
	14	11.08 ± 0.05 ^{Ab}	9.69 ± 0.19 ^{Ba}	11.36 ± 0.06 ^{Aa}	9.20 ± 0.12 ^{Cb}
	21	10.66 ± 0.20 ^{Ab}	9.02 ± 0.37 ^{Bb}	10.37 ± 0.21 ^{Ab}	9.20 ± 0.16 ^{Bb}
Fat (g/100g)	1	12.69 ± 0.39 ^{Aa}	11.45 ± 0.06 ^{Bb}	11.70 ± 0.42 ^{Ab}	10.45 ± 0.33 ^{Ca}
	7	11.33 ± 0.20 ^{Aa}	11.65 ± 0.26 ^{Aa}	11.84 ± 0.30 ^{Aa}	10.94 ± 0.11 ^{Aa}
	14	10.66 ± 0.13 ^{Aa}	10.14 ± 0.16 ^{Ac}	10.40 ± 0.52 ^{Ac}	10.48 ± 0.21 ^{Aa}
	21	10.79 ± 0.35 ^{Aa}	9.61 ± 0.34 ^{Bc}	10.04 ± 0.14 ^{Bc}	10.20 ± 0.11 ^{Ba}

¹Aw – water activity.Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.^{A-B} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test (p < 0.05), between formulations (n = 12).^{a-b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test (p < 0.05), over storage time (n = 12).

Table 3. Concentrations of free amino acids (FAA; mg/100 g) of creamy goat cheese during 21 days of cold storage.

Amino acids	Days of storage	Formulations			
		CC	PC	XC	PXC
Aspartic Acid	1	2.97 ± 0.44 ^{Aa}	1.52 ± 0.27 ^{Bb}	1.09 ± 0.25 ^{Cb}	0.17 ± 0.10 ^{Cb}
	21	0.24 ± 0.03 ^{Db}	13.78 ± 0.25 ^{Aa}	2.21 ± 0.10 ^{Ca}	8.41 ± 0.66 ^{Ba}
Glutamic acid	1	0.32 ± 0.37 ^{Cb}	18.86 ± 1.58 ^{Bb}	0.70 ± 0.18 ^{Cb}	42.78 ± 2.43 ^{Ab}
	21	7.42 ± 0.15 ^{Da}	66.34 ± 0.61 ^{Ba}	30.51 ± 0.13 ^{Ca}	100.65 ± 5.55 ^{Aa}
Serine	1	1.00 ± 0.02 ^{Ba}	1.84 ± 0.02 ^{Aa}	2.08 ± 0.55 ^{Ab}	0.44 ± 0.03 ^{Ba}
	21	1.44 ± 0.40 ^{Ba}	2.31 ± 0.67 ^{Ba}	6.89 ± 0.29 ^{Aa}	0.99 ± 0.23 ^{Ba}
Glycine	1	6.77 ± 0.16 ^{Aa}	6.61 ± 0.11 ^{Ab}	6.23 ± 0.02 ^{Ba}	7.74 ± 0.17 ^{Cb}
	21	7.08 ± 0.19 ^{Ba}	9.79 ± 0.75 ^{Aa}	6.38 ± 0.05 ^{Ba}	5.40 ± 0.27 ^{Ba}
Histidine	1	18.42 ± 0.58 ^{Aa}	18.79 ± 0.06 ^{Ab}	18.17 ± 0.09 ^{Aa}	14.76 ± 0.58 ^{Ba}
	21	17.75 ± 0.06 ^{Ba}	28.73 ± 0.53 ^{Aa}	19.51 ± 0.32 ^{Ba}	15.24 ± 1.76 ^{Ca}
Arginine	1	1.35 ± 0.02 ^{Cb}	1.27 ± 0.05 ^{Cb}	1.60 ± 0.05 ^{Bb}	1.93 ± 0.16 ^{Ab}
	21	11.47 ± 0.25 ^{Ba}	15.57 ± 1.12 ^{Aa}	5.88 ± 0.09 ^{Da}	8.68 ± 0.41 ^{Ca}
Threonine	1	0.00 ± 0.00 ^{Cb}	7.92 ± 0.46 ^{Ab}	5.29 ± 0.79 ^{Bb}	5.13 ± 0.15 ^{Ba}
	21	5.90 ± 0.04 ^{Ca}	13.38 ± 2.19 ^{Aa}	8.44 ± 0.07 ^{Ba}	5.28 ± 0.02 ^{Ca}
Alanine	1	4.29 ± 0.13 ^{Cb}	8.65 ± 0.55 ^{Aa}	4.04 ± 0.06 ^{Cb}	5.40 ± 0.05 ^{Ba}
	21	19.00 ± 0.03 ^{Aa}	1.45 ± 0.15 ^{Db}	15.62 ± 0.01 ^{Ba}	3.72 ± 0.16 ^{Cb}
Proline	1	22.62 ± 0.25 ^{Ba}	28.30 ± 0.05 ^{Ab}	20.72 ± 1.11 ^{Cb}	23.31 ± 0.52 ^{Bb}
	21	21.37 ± 0.67 ^{Ca}	36.19 ± 0.47 ^{Ba}	48.05 ± 1.57 ^{Aa}	46.87 ± 1.49 ^{Aa}
Tyrosine	1	4.42 ± 0.33 ^{Ba}	6.22 ± 0.08 ^{Ab}	3.88 ± 0.23 ^{Cb}	4.57 ± 0.18 ^{Bb}
	21	4.49 ± 0.35 ^{Ca}	10.54 ± 0.08 ^{Aa}	4.48 ± 0.29 ^{Ca}	9.57 ± 0.04 ^{Ba}
Valine	1	2.84 ± 0.08 ^{Cb}	8.07 ± 0.51 ^{Aa}	1.47 ± 0.09 ^{Db}	5.22 ± 0.27 ^{Bb}
	21	9.86 ± 0.12 ^{Ca}	1.31 ± 0.09 ^{Db}	20.69 ± 0.28 ^{Aa}	15.67 ± 1.02 ^{Ba}
Methionine	1	0.22 ± 0.04 ^{Aa}	0.46 ± 0.09 ^{Ab}	0.50 ± 0.23 ^{Ab}	0.07 ± 0.08 ^{Ba}
	21	1.59 ± 1.64 ^{Ba}	3.01 ± 0.47 ^{Ba}	12.27 ± 1.12 ^{Aa}	1.48 ± 1.05 ^{Ba}
Cysteine	1	4.08 ± 0.10 ^{Aa}	2.59 ± 0.02 ^{Bb}	3.96 ± 0.06 ^{Ab}	1.21 ± 0.67 ^{Ca}
	21	3.46 ± 1.01 ^{Ca}	9.13 ± 0.60 ^{Aa}	7.33 ± 0.10 ^{Ba}	2.13 ± 0.34 ^{Ca}
Isoleucine	1	0.74 ± 0.24 ^{Cb}	3.86 ± 0.25 ^{Ab}	1.15 ± 0.26 ^{Cb}	2.31 ± 0.08 ^{Bb}
	21	4.09 ± 0.86 ^{Ca}	9.59 ± 1.24 ^{Ba}	11.42 ± 0.75 ^{ABa}	13.29 ± 0.56 ^{Aa}
Leucine	1	0.90 ± 0.32 ^{Cb}	23.48 ± 0.56 ^{Ab}	0.80 ± 0.01 ^{Cb}	14.37 ± 1.83 ^{Bb}
	21	28.53 ± 0.23 ^{Ca}	125.63 ± 0.49 ^{Aa}	91.77 ± 0.24 ^{Ba}	87.02 ± 4.34 ^{Ba}
Phenylalanine	1	3.67 ± 0.22 ^{Bb}	3.50 ± 0.49 ^{Ba}	2.72 ± 0.15 ^{Bb}	15.88 ± 0.39 ^{Ab}
	21	29.57 ± 0.51 ^{Ca}	22.28 ± 0.37 ^{Ca}	57.70 ± 1.47 ^{Ba}	71.35 ± 4.17 ^{Aa}
Lysine	1	1.34 ± 0.24 ^{Ba}	11.90 ± 0.54 ^{Aa}	1.88 ± 0.83 ^{Ba}	15.02 ± 3.56 ^{Aa}
	21	1.81 ± 0.07 ^{Ca}	7.85 ± 2.81 ^{Ba}	4.03 ± 0.21 ^{Ba}	14.18 ± 2.23 ^{Aa}
TFAA	1	75.95 ± 0.95 ^{Bb}	153.85 ± 3.24 ^{Ab}	76.27 ± 1.55 ^{Bb}	157.35 ± 0.72 ^{Ab}

21	175.06 ± 1.28 ^{Da}	372.89 ± 2.13 ^{Ba}	353.18 ± 6.37 ^{Ca}	409.95 ± 19.2 ^{Aa}
----	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

TFAA - Total free amino acids.

^{A-B} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$), between formulations (n = 12).

^{a-b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$), over storage time (n = 12).

Table 4. Acceptance test and purchase intention of the goat cream cheese formulations.

Attributes	Formulations			
	CC	PC	XC	PXC
Appearance	8.25 ± 1.13 ^a	7.79 ± 1.44 ^a	7.79 ± 0.98 ^a	7.84 ± 1.21 ^a
Color	8.26 ± 1.19 ^a	8.00 ± 1.15 ^{ab}	7.79 ± 1.23 ^b	7.84 ± 1.07 ^{ab}
Texture	7.84 ± 1.21 ^{ab}	7.53 ± 1.35 ^b	7.74 ± 1.45 ^{ab}	8.16 ± 1.12 ^a
Aroma	7.16 ± 1.64 ^a	6.95 ± 1.39 ^a	7.32 ± 1.57 ^a	7.32 ± 1.53 ^a
Flavor	5.53 ± 2.46 ^a	5.47 ± 2.04 ^a	5.37 ± 2.27 ^a	5.53 ± 2.04 ^a
Overall impression	6.89 ± 1.33 ^a	6.89 ± 1.33 ^a	6.53 ± 1.26 ^a	6.95 ± 1.35 ^a
Purchase intention	3.37 ± 1.26 ^a	3.00 ± 1.20 ^a	2.89 ± 1.05 ^a	3.11 ± 1.24 ^a

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

^{a-b} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$), between formulations ($n = 12$).

Acceptance test (appearance, color, texture, aroma, and flavor) in a 9-point hedonic scale (1= disliked extremely, 9= liked extremely). Purchase intention in a 5-point scale (1 = certainly would not buy, 5 = certainly would buy).

Table 5. Just about right (JAR) results for the goat cream cheese formulations.

Attributes	Formulations			
	CC	PC	XC	PXC
Color	3.26 ± 0.56 ^a	3.00 ± 0.33 ^{ab}	2.84 ± 0.69 ^b	2.58 ± 0.61 ^b
Goat aroma	3.42 ± 0.61 ^a	3.53 ± 0.91 ^a	3.32 ± 0.82 ^a	3.21 ± 0.63 ^a
Herbaceous aroma	NA	NA	3.53 ± 0.51 ^a	3.05 ± 0.71 ^a
Consistency	3.05 ± 0.97 ^a	2.84 ± 0.83 ^a	2.95 ± 0.62 ^a	3.00 ± 0.47 ^a
Texture	3.32 ± 0.67 ^a	2.89 ± 0.46 ^{ab}	3.11 ± 0.57 ^a	2.79 ± 0.57 ^b
Salt	2.95 ± 0.71 ^a	3.16 ± 0.77 ^a	3.00 ± 0.68 ^a	2.95 ± 0.78 ^a
Acidity	3.32 ± 0.67 ^b	4.00 ± 0.58 ^a	3.89 ± 0.99 ^a	3.95 ± 0.62 ^a
Herbaceous flavor	NA	NA	3.74 ± 0.99 ^a	3.58 ± 0.90 ^a

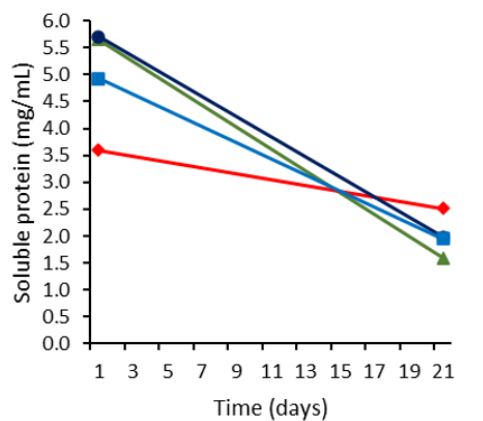
Abbreviations: NA - not applicable.

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

^{a-b} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey test or t-student test ($p < 0.05$), between formulations ($n = 12$).

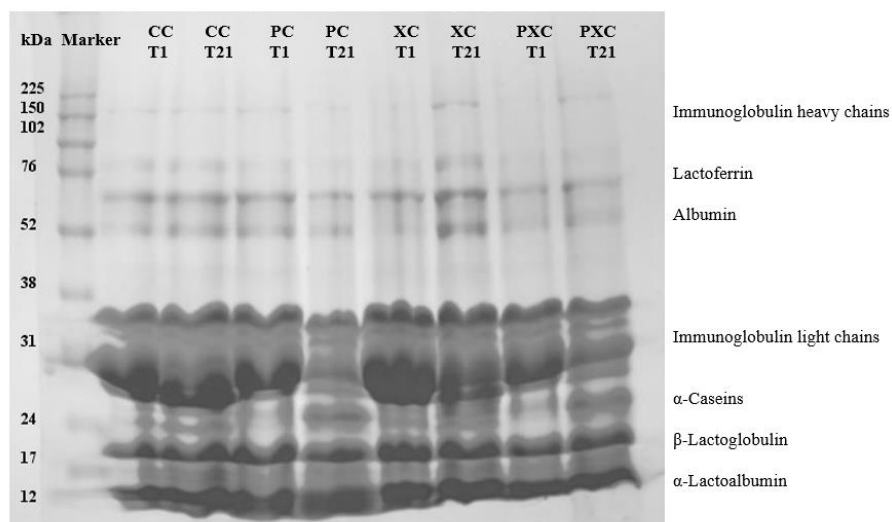
JAR in a 5-point scale (1 = extremely less than ideal; 5 = extremely greater than ideal).

Figure 1. Soluble protein of creamy goat cheese.



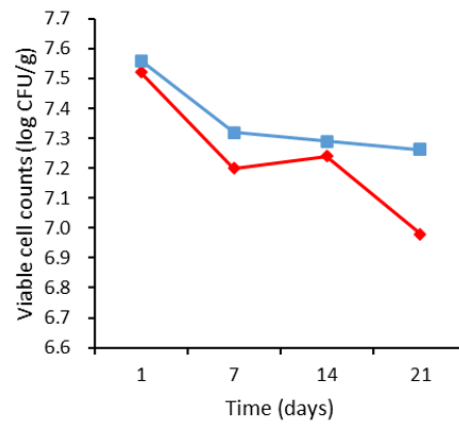
Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control) (—△—); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 (—◇—); XC – goat cream cheese added with xique-xique flour (—●—); PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (—■—).

Figure 2. SDS-PAGE profiles of goat cream cheese.



Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.
T1 - 1 day of cold storage; T21 - 21 days of cold storage.

Figure 3. Viability of *L. plantarum* CNPC003 in goat cream cheese formulations during cold storage.



Formulations: PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 (—♦—); PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (—■—).

APÊNDICE B – Artigo 2

Effect of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*) supplementation on the volatilomic, fatty acid, and fermentation profiles of goat cream cheese

Effect of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*) supplementation on the volatilomic, fatty acid, and fermentation profiles of goat cream cheese

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of adding *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 (0.1 g/L of milk) and xique-xique flour (1 g/100 g of cheese) to goat milk cream cheese during cold storage (1 and 21 days). The cheese was characterized in regard to its fatty acid, sugar, organic acid, and volatile compound profiles. Four formulations were prepared: (CC) control, (PC) with *L. plantarum* CNPC003, (XC) with xique-xique flour, and (PXC) with *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour. XC and PXC, after 21 days of storage, presented lower palmitic acid contents (C16:0) with consequent decreases in the indice of thrombosity (TI). On the first day of storage, PXC presented higher desirable fatty acids (DFA) higher PUFA contents, which probably contributed to the lower indice of atherogenicity (AI) and hypercholesterolemic saturated fatty acids (HSFA) contents. As in any fermentation process, there was lactose hydrolysis, with the release of galactose and glucose during storage, and these sugars presented reduced levels in the PXC formulation. Fermentation of these sugars probably led to higher production of organic acids, mainly lactic acid. In total, 17 volatile compounds were detected in most of the formulations, and α -Copaene and (+)- δ -Cadinene were detected only in XC. Trans-2-decenal, Isopentanoic acid, and Ethylmethylacetic acid were detected only in PXC. There was an increase in some volatile compounds in PXC during storage, though the other formulations did not undergo significant changes. The results suggest that supplementation with both *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour (*Pilosocereus gounellei*) helps to improve fermentation, and fatty acid and volatilomic profiles in goat cream cheese.

Keywords: Goat cheese, *Cactaceae*, *L. plantarum*, fermentation, volatilomomic profile.

1. Introduction

Due to the nutritional and health promoting aspects of goat's milk and its derivatives, production has increased worldwide. The development of goat's milk derivatives is currently one of the most important strategies to expand consumption and present diversified products to the market. However, the characteristic flavor and aroma of goat's milk and its derivatives remain responsible for low consumer acceptance. This is mainly due to their composition of medium chain fatty (capric, caprylic, and caproic) acids (Costa et al., 2017; Fazilah, Ariff, Khayat, Rios - Solis and Halim, 2018). New formulations that mask these characteristics are being investigated (Cais-Sokolińska & Walkowiak-Tomczak, 2021). The addition of probiotic cultures may be a strategy to improve the acceptance of goat dairy products, since they can produce volatile compounds that contribute to the product's aroma, and minimize the typically unpleasant aroma of goat products (Ranadheera et al., 2019).

Probiotics are live microorganisms that (when administered in adequate amounts) confer health benefits to the host (Hill et al., 2014). They are commonly used in dairy foods, due to the ability of such matrices to ensure their survival during storage (and in gastric conditions) without substantially affecting the quality of the product (Nyanzi, Jooste, & Buys, 2021). Probiotics also bring distinct characteristics to dairy foods during storage (Meybodi, Mortazavian, Arab, & Nematollahi, 2020). The inclusion of microbial strains with probiotic potential in dairy products, especially those of the *Lactobacillus* genus, can improve technological and sensory aspects, and bring benefits to consumer health, such as improving gastrointestinal tract function (Diez - Gutiérrez, Vicente, Barrón, Villarán, & Chávarri, 2020).

As a probiotic, *L. plantarum* has been associated with various health claims (Abdelazez et al. 2018), such as improving the balance of beneficial intestinal microflora (Kassayova et al., 2014), regulating the immune system (Maeda et al., 2014), lowering cholesterol levels

(Ducrotté, Sawant & Jayanthi, 2012) and reducing the risk of cancer (Nguyen, Kang & Lee, 2007). In particular, *L. plantarum* CNPC003 (isolated from goat's milk) has been studied for its *in vitro* functional properties and its potential for use in food products. The strain has been noted for its high production of EPS with antioxidant properties, its great potential for application in the food industry (Bomfim et al., 2020); and when combined with *Streptococcus thermophilus* and inulin, for better fermentative performance (Galdino et al., 2021). It also remains viable during storage and in (simulated) digestion, yet without affecting its sensory and physicochemical attributes (pH, acidity, sugars and anthocyanin contents), as when added to a non-fermented beverage made with a mixture of banana, strawberry, and juçara fruits (Ribeiro et al., 2020).

Pilosocereus gounellei, which has great potential as an additive, is popularly known as xique-xique, a cactus commonly found in dry climate regions, such as Northeastern Brazil (Furtado et al., 2019). Studies point to the therapeutic efficacy of xique-xique as a gastroprotective agent (Sousa et al., 2018) when evaluated in *in vivo* tests, and for example, reducing colitis in rats (Assis et al., 2019). Applications of xique-xique in food products are still scarce, but emerging and totally viable (Toit, Wit, Osthoff, & Hugo, 2018). Products such as xique-xique juice (Assis et al., 2019; Ribeiro et al., 2020), yogurt supplemented with xique-xique jelly (Bezerril et al., 2021a; Bezerril et al., 2022), yogurt with xique-xique (Dantas et al., 2022), cereal bars with xique-xique (Araújo, Reis, & Oliveira, 2019), and cookies with xique-xique (Machado et al., 2021), have all been shown to be satisfactory in terms of nutritional, physical-chemical, and sensory parameters. Xique-xique's performance signals the emergence of a new niche of economically viable products.

During cheese processing and storage, various chemical and biochemical reactions occur simultaneously. These reactions play a crucial role in the final quality of the product; they lead to alterations in aroma, an important criterion for the acceptance and consumption of

cheeses (Bezerra et al. al., 2017; González-Martín et al., 2014). Both the sensory and microbiological quality of goat cream cheese, as well as its physicochemical and texture profile have already been reported in the literature (Barbosa et al., 2013). However, no studies have evaluated goat cream cheese supplemented with an autochthonous lactic culture with probiotic potential (*L. plantarum* CNPC003) and xique-xique flour; whether its volatile compounds profile, the effects of storage on these compounds, or its fermentative profile. In this study we evaluated the effects on the volatilomic, fatty acid, and fermentation profiles of goat cream cheese when supplemented with both *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour during refrigerated storage.

2. Material and methods

2.1 Raw material and ingredients

Cladodes of *P. gounellei* plants (two 30 kg batches, June 2018) were obtained from a privately owned cultivation, located in the municipality of Boa Vista, in the state of Paraíba, Brazil (Latitude 7.16762352, Longitude -36.1432815). Botanical identification of the plant was performed by Prof. Dr. Leonardo Person Felix of the Agricultural Sciences Center at the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB). The certified species was deposited in the Profº. Jaime Coelho Morais Herbarium (CCA/UFPB), under voucher number 17,562. The collection was authorized by the Brazilian Biodiversity Information System (nº 62681), and the National Genetic Heritage Management System (SISGEN, nº. AA17429).

Goat milk was purchased from the Goat and Sheep Breeders Association of Zabelê-PB (ACCOZA). The freeze-dried probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 culture (formerly *L. plantarum* B12) (Genetic Heritage: BRMCTAA179), belonging to the "Collection of Microorganisms of Interest to the Food Industry" of Embrapa Goats and Sheep (Sobral, Ceará, Brazil), was previously isolated from samples of goat's milk collected from an

experimental Embrapa Goats and Sheep farm (Sobral, Ceará, Brazil). The strain was selected due to its promising characteristics for application in food, and was previously identified at the species level using molecular techniques (Abreu, 2015). Rennet – liquid coagulant HA-LA (Microbial Chemosin – *Aspergillus niger* var. *awamori*, coagulant power 1:3,000/75 IMCU) was purchased commercially from Christian Hansen® (Valinhos, Minas Gerais, Brazil), xanthan gum was purchased from Leve Crock® (Piraí do Sul, Paraná, Brazil) and calcium chloride (CaCl₂) p.a. was purchased from FMaia® Ltda. (Cotia, São Paulo, Brazil).

2.2 Processing of xique-xique flour and cream cheese

Xique-xique flour was prepared according to Machado et al. (2021), where the xique-xique cladodes were washed in running water and sanitized with immersion in chlorinated water (100 ppm /15 minutes) to remove soil residues and to decontaminate. The husks were removed and the pulp separated from the central stalk. The central stalk was then cut into 1 cm thick slices and dried in an oven with air circulation ($40 \pm 1^\circ\text{C}$) until reaching 4% humidity. After drying, the was ground in a knife mill (Willey, Solab®, Piracicaba, São Paulo) and screened in a 100 mesh vibrating sieve. The flour was vacuum sealed in sterile polyethylene bags (approximately 100 g per bag), which were wrapped in aluminum foil and frozen ($-20 \pm 1^\circ\text{C}$) until cheese production. The characterization of the flour was performed in a previous study by Machado (2019).

The cheeses were prepared according to the methodology adapted from Santos, Gonçalves, Carvalho, Fernandes & Ferrão (2016). Four different cheese formulations were processed, being CC –goat cream cheese control (without addition of *L. plantarum* CNPC003 or xique-xique flour); PC – goat cream cheese supplemented with 0.1 g of the probiotic bacteria *L. plantarum* CNPC003 per liter of milk (0.1%); XC - goat cream cheese supplemented with 1 g of xique-xique flour per 100 g of dough (1%); and PXC - goat cream cheese supplemented

with the probiotic *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour in the aforementioned proportions.

Initially, the goat milk was subjected to slow pasteurization (65°C/30 min), and then cooled to 37°C for the addition of ingredients. The inoculum of the probiotic culture of *L. plantarum* CNPC003 was added at a concentration of 10 mL /L (PC and PXC). Calcium chloride solution (0.04 mL /L) and liquid rennet (0.1 mL /L) were then added, being equivalent to approximately 10% of the dose recommended by the manufacturer on the product packaging (Chr. Hansen). The rennet was previously dissolved in filtered water (1:1), and a new agitation of the milk was performed for uniform distribution of the ingredients.

For the lactic fermentation step, the milk was kept at rest under BOD (Biochemical Oxygen Demand – Marconi, MA415, Piracicaba/SP, Brazil) with controlled temperature maintained at 37°C for about 12 hours. The end point of the process was defined by complete coagulation of the milk and the beginning of syneresis. The dough was then carefully cut into cubes, followed by draining, under refrigeration ($4 \pm 0.5^\circ\text{C}$) for 18 hours. Subsequently, the base dough of the different cheeses was supplemented with salt (0.4 g/100 g of dough) and xanthan gum (0.5 g/100 g of dough). For the XC and PXC treatments, 1 g of xique-xique flour per 100 g of dough was added. After homogenization, the final product was packed in plastic containers with lids, containing 100 g of cheese each, and then stored under refrigeration ($4 \pm 0.5^\circ\text{C}$) for 21 days.

The cheeses were processed in three independent experiments and analyzed in triplicate at two storage times (1 and 21 days).

2.3 Fatty acid profile

Fatty acid methylation was performed according to Molkentin & Precht (2000). Thus, initially 0.5 g of lyophilized sample was subjected to fatty acid methyl ester extraction with 2 mol/L KOH, and 1.25 mol/L HCl solutions diluted in methanol. The detection of fatty acid

esters was performed in a gas chromatograph (Varian 430-GC, California, USA), coupled with a flame ionization detector (FID), and a fused silica capillary column (SPTM–2560, SUPELCO, Bellefonte, USA) with 100 m x 0.25 mm, and 0.20 µm film thickness dimensions. Helium was used as the carrier gas (flow rate of 1 mL /min).

The initial oven temperature was 40°C for 2 min, increasing by 10°C/min until reaching 180°C, and thus remaining for 30 min, followed by another increase at a rate of 10°C/min until reaching 240°C for another 10 min. Injector and detector temperatures were maintained at 240°C and 250°C, respectively.

Aliquots of the esterified extract (1.0 µL) were injected into a Split/ Splitless injector (Split 1:100). Chromatograms were recorded using *Galaxie Chromatography Data System* software. Fatty acids were identified by comparing the retention times of the methyl esters of the samples with Supelco ME19 - Kit (Boston, MA, USA) standards. The fatty acid results were expressed as g/100 g of cream cheese. The indices of: atherogenicity (AI), thrombosity (TI), desirable fatty acids (DFA), and hypercholesterolemic saturated fatty acids (HSFA) were calculated (Sperry et al., 2018, see Equations (1) - (4)).

$$(1) \text{ AI} = \frac{(\text{C12:0} + 4 \times \text{C14:0} + \text{C16:0})}{[\Sigma\text{MUFA} + \Sigma\text{PUFA}(\text{n} - 6)\text{and}(\text{n} - 3)]}$$

$$(2) \text{ TI} = \frac{(\text{C14:0} + \text{C16:0} + \text{C18:0})}{[0.5 \times \Sigma\text{MUFA} + 0.5 \times \Sigma\text{PUFA}(\text{n} - 6) + 3 \times \Sigma\text{PUFA}(\text{n} - 3) + \frac{(\text{n} - 3)}{(\text{n} - 6)}]}$$

$$(3) \text{ DFA} = \text{MUFA} + \text{PUFA} + \text{C18:0}$$

$$(4) \text{ HSFA} = \text{C12:0} + \text{C14:0} + \text{C16:0}$$

2.4 Profiles of sugars and organic acids in the cheeses

Sugars (glucose, lactose, and galactose), and organic acids (lactic, acetic, and propionic) were determined as described by Zeppa, Conterno, and Gerbi (2001). The data obtained were processed using the OpenLAB CDS ChemStation software - Edition TM (Agilent Technologies®). The glucose and lactose standards were obtained from Sigma-Aldrich (St. Louis, USA); galactose was obtained from Chem Service (West Chester, USA). The organic acid standards were obtained from Vetec Química Fina (Rio de Janeiro, Brazil), all with a purity of $\geq 99\%$. Ultrapure water was obtained using a MilliQ® system (EMD Millipore), and sulfuric acid was obtained from Merck (Darmstadt, Germany). Results were expressed in g/100 g of cream cheese.

2.5 Profile of volatile compounds

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

Cheese samples (20 ± 0.1 g) were placed in 100 mL glass vials and hermetically sealed with screw caps containing a Teflon coated septum. After equilibration at 45°C for 20 min, the fiber was exposed to the headspace for 40 min under agitation. The desorption time was 10 min. The separation was performed on a 7890B gas chromatograph coupled to a mass detector (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA). A VF-5 MS fused silica capillary column was used (30 m x 0.25 mm x 0.25 μm). The oven was initially heated to 40°C for 10 min, followed by ramping up to 240°C at $5^\circ\text{C}/\text{min}$, where it was held for 11 min. The total run time was 61 min. The injector temperature was maintained at 250°C . A mass spectrometer was used

in electronic impact mode with a source temperature of 230°C, an ionizing voltage of 70 eV, and a scan range of 35 to 350 m/z with 3.33 scans.

Identification of compounds was based on analysis of fragmentation patterns displayed in the mass spectra, as confirmed by comparing mass spectras with those present in the database provided with the NIST equipment (National Institute of Standards and Technology, USA), and by comparing retention rates with those of known compounds in a homologous standard solution of n-alkanes (C8-C30).

2.6 Statistical analysis

Analyses were performed in three different experiments, and the results were expressed as mean $\pm$ standard deviation. Data were analyzed using Student 's t test (comparison between times) or analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey 's test (comparison between formulations), using $p < 0.05$ in Sigma Stat 3.5 software (Jandel ScientificSoftware, San Jose, California) (Sigmastat, 2006).

3. Results and discussion

3.1 Fatty acid profile

Table 1 presents the results obtained for the fatty acid profile of the goat cream cheese samples during cold storage. The formulations studied were characterized by the highest values of long-chain fatty acids, with emphasis on palmitic (C16:0) (28.21 to 33.63 g/100 g) and stearic (C18:0) (10.62 to 11.87 g/100 g) acid, and the monounsaturated oleic fatty acid (C18:1 n9 cis) (16.18 to 18.86 g/100 g). Long-chain fatty acids are associated with increased adhesion of probiotic cultures to the mucosal wall of the distal intestine (Batista et al., 2017), a characteristic that could be enhanced with the consumption of goat cream cheese.

Caproic (C6:0) and caprylic (C8:0) fatty acids, responsible for the typical aroma and flavor of goat dairy products (Da Costa, de Carvalho Silva, Mingotti, Barão, Klososki, & Pimentel, 2017), were found in small amounts, respectively 1.31-1.7 g/100 g and 1.93-2.00 g/100 g, and remained unchanged by the addition of the probiotic culture and/or xique-xique flour. The cheeses also presented essential fatty acids such as omega-3 (alpha-linolenic) (0.04 to 0.13 g/100g), omega-6 (linolenic) (2.41 to 3.21 g/100g), gamma-linolenic (0.12 to 0.34 g/100g) and omega-7 (palmitoleic) (0.71 to 1.08 g/100g). Essential fatty acids are known to promote health benefits, such as reducing the risk of chronic diseases (Román, Jackson, Gadhia, Román, & Reis, 2019). Eicosapentaenoic acid (C20:5) (1.68 to 4.67 g/100g) and docosahexaenoic acid (C22:6) (0.37 to 1.32 g/100g) were also detected in the cheeses. The conversion of alpha-linolenic acid to eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) is limited (maximum 15%), so eating foods that are naturally rich in EPA and DHA is recommended. Consumption of these fatty acids is associated with a decrease in blood cholesterol levels, as well as a lower risk of cardiovascular disease (Palomer, Pozarro-Delgado, Barroso, & Vázquez-Carrera, 2018; Punia, Sandhu, Siroha & Dhull, 2019). In addition, EPA presents anti-inflammatory action, while DHA is even pro-inflammatory, thus larger amounts of EPA will likely balance inflammation caused by other fatty acids and provide an anti-inflammatory benefit. This makes the matrix interesting.

On the first day of storage, the cheese supplemented with both *L. plantarum* and xique-xique flour (PXC) presented a higher percentage of desirable fatty acids (DFA) and PUFA, which probably contributed to lower atherogenicity index (AI), and hypercholesterolemic saturated fatty acids (HSFA) values. After 21 days of storage, no changes were observed in these fatty acids. The incorporation of *L. plantarum* and xique-xique flour also decreased palmitic acid (C16:0), with a consequent decrease in TI ($p < 0.05$). High consumption of palmitic acid is related to increased risks of dyslipidemia, high blood glucose, and fat levels, as

well as presenting inflammatory activity (Lopes et al., 2021). Decreased TI is associated with a lower ability to form clots in blood vessels (Sperry et al., 2018). The addition of the probiotic culture together with xique-xique flour revealed an improvement in the fatty acid profile of the cheeses.

3.2 Sugar profile

The cheese formulations presented as main sugars lactose (0.52 - 1.80 g/100 g), galactose (0.03 - 0.40 g/100 g), and glucose (0.17 - 0.80 g/100 g) (Table 2). Previous studies have also reported lactose, galactose, and glucose in rennet-like goat's milk (Bezerra et al., 2017) and ricotta cheeses (Lopes et al., 2021). In our study, lactose was the principal sugar. However, as expected for all fermented dairy products, a reduction of this disaccharide occurred during storage, with a concomitant increase in galactose, and glucose ($p < 0.05$). The presence of glucose and galactose suggested lactose hydrolysis (during fermentation) and release of glucose and galactose into the medium (Barros, Cutrim, Costa, Conte Junior, & Cortez, 2019). Normally, galactose is associated with the appearance of off-flavors (Muelas et al., 2018) in dairy products. In our study, the values detected for this compound were low, representing an important sensory aspect for the formulations studied.

Starter cultures and/or probiotic cultures often use sugars in their metabolism (Costa et al., 2019). First, glucose is converted to pyruvate in the Embden Meyerhoff-Parnas pathway. The pyruvate is then used as an H⁺ - acceptor, and forms lactate (Costa, Frasao, Lima, Rodrigues, & Conte Junior, 2016). In this study, the addition of *L. plantarum* and xique-xique flour to the PC, XC, and PXC cheeses seems to have had less impact on lactose consumption after 21 days of storage ($p < 0.05$), than the CC control cheese. However, after 21 days of storage, the levels of glucose and galactose sugars were lower in the PXC formulation ($p < 0.05$). This is likely related to the metabolic activities of lactic acid bacteria in the cheese fermentation process, and

were more exacerbated in the presence of xique-xique flour, a response to a greater need for energy production for the multiplication of these microorganisms (Wang, Kristo & LaPointe, 2020), this is due to the bifidogenic effect of flour on the *L. plantarum* strain CNPC003. Xique-xique flour is known for its prebiotic potential (Ribeiro et al., 2020), in promoting increased consumption of sugars and production of metabolites with beneficial results for the consumer (Diez -Gutierrez, Vicente, Barrón, Villarán, & Chávarri, 2020). These same results were observed by Dantas et al. (2022), when evaluating the effect of adding xique-xique flour to probiotic goat's milk yogurt.

3. 2 Organic acid profiles

The cheese formulations presented lactic acid (0.40 - 1.83 g/100 g), acetic acid (0.01 - 0.04 g/100 g), and propionic acid (0.10 - 0.26 g/100 g) as the principal organic acids (Table 2). Previous studies have observed lactic acid, acetic acid, and propionic acid in goat's milk curd and ricotta cheeses as well (Bezerra et al., 2017; Lopes et al., 2021). As expected in fermented products, there is an increase in organic acids for most cheese formulations after 21 days of storage, mainly lactic acid and propionic acid ($p < 0.05$). The results may be associated with a higher consumption of glucose and galactose in the formulations (Table 2).

Lactic acid is a result of yeast and/or probiotic culture metabolism during fermentation (Costa, Frasao, Lima, Rodrigues, & Conte Junior, 2016), and can remove pyruvic acid; convert malic acid; and/or degrade lactose. (Ozcan, Ozdemir, & Avci, 2020). Although *L. plantarum* is predominantly homofermentative, producing primarily lactic acid, in our study we found that all of the formulations presented lactic acid as the principal acid, regardless of the presence of the autochthonous strain. A higher concentration of lactic acid typically improves the flavor and functionality of the cheese (Bezerra et al., 2017). Further, the low amounts of acetic acid detected in the cheese formulations is interesting, since this acid in high amounts can produce

a strong vinegar flavor (Fernandes, Marcolino, Silva, Barão, & Pimentel, 2021; Miranda et al., 2019). This was not observed in our research.

Propionic acid was observed, which is a short-chain fatty acid (SCFA) produced by lactic acid bacteria, including probiotics (Nagpal et al., 2018), and plays an important role in stimulation of ATP production (Singh, Vishwakarma, & Singhal, 2018). Normally, this organic acid is lacking in people with diabetes, cancer, obesity and autoimmune diseases (Diez - Gutierrez, Vicente, Barrón, Villarán, & Chávarri, 2020; Mesnage, Antoniou, Tsoukalas, Goulielmos & Tsatsakis, 2018), and therefore, consuming this product may be beneficial for people suffering from these health conditions.

3.3 Volatile compounds profile

Seventeen volatile compounds were identified in the cheese samples, including aldehydes (1), acids (6), alcohols (4), ketones (2), hydrocarbons (1) and terpenes (3) (Table 3). All of the goat's milk cheeses presented acetic acid, octanoic acid, decanoic acid, 2-ethyl hexanol, 1-octanol, acetoin, 2-heptanone, and 1-decyne. It is noteworthy that the number of volatile compounds identified in the cheeses was lower than other goat cheeses reported in the literature (Bezerra et al., 2017; Lopes et al., 2021). This may be related to the fact that the creamy cheese formulations studied were fresh, with short storage time, and therefore, low aromatic profile impact, especially when compared to more mature cheeses. This is the first study focusing on detailed aspects of the volatilomic profile of goat cream cheese, and the compounds detected may better represent the volatile profile of this goat dairy product.

The addition of xique-xique flour (XC) altered the volatile compounds profile of the products as compared to conventional cheese (CC), only with regard to the terpenes α - copaene, and (+)- δ - cadinene. On the other hand, supplementation with both probiotic culture and xique-xique flour (PXC) resulted in increased concentrations of acetic acid, 1-octanol, and acetoin. After 21 days of storage, an increase in the concentration of acetic acid, isopentanoic

acid, ethylmethylacetic acid, 2-ethylhexanol, and 1-decyne was also observed ($p < 0.05$). The increased production of volatile compounds over time is explained by the fact that these compounds are the result of biochemical reactions that occur during storage/maturation, and therefore with longer storage, the reactions become more intense and, as a consequence, the number of volatiles also increases (Bezerra et al., 2017).

Only trans-2-decenal (an aldehyde) was found in PXC on day 1 of storage. Aldehydes are transient compounds that have a tendency to present a high concentration soon after processing, but are usually quickly converted into their corresponding alcohols or acids (Bezerra et al., 2017). Aldehydes are essential aroma and flavor compounds in food products (Dabaj, Lasekan, Manap, & Ling, 2020). Decennial is well associated with the fatty aroma in dairy products (Zhang, Mi, Liu, Sang, & Wang, 2020).

In the acid group, acetic acid was the principal acid. Acetic acid is responsible for the fatty/cheese flavor of fermented milk (Dabaj, Lasekan, Manap, and Ling, 2020). The addition of xique-xique flour (XC) did not change the concentration of volatile acidic compounds in relation to conventional cheese (CC), being no differences at any time during storage ($p \geq 0.05$). However, supplementation with probiotic culture in combination with xique-xique flour (PXC) resulted in an increase in acetic acid concentration after 21 days of storage ($p < 0.05$). We also observed that hexanoic acid was not detected in the formulations supplemented with the probiotic strain (PC and PXC), after 21 days of storage ($p < 0.05$). Hexanoic acid is associated with the typical aroma of goat's milk and the cloying, sweet, rancid aroma of cheese (Ranadheera et al., 2019). Therefore, to reduce the goat aroma of goat products, reductions in hexanoic acid concentrations are important.

In the alcohol group, supplementation with probiotic culture (PC and PXC) resulted in a reduction in the concentration of 2-ethyl hexanol, yet contributed to a higher concentration of

1-octanol compared to the other formulations ($p < 0.05$). Alcohols often contribute fruity, floral, and alcoholic tones to dairy products. (Ranadheera et al., 2019).

In the ketone group, and on day 1, the PC and PXC cheeses presented higher concentrations of acetoin and lower concentrations of 2-heptanone than the other formulations ($p < 0.05$). 2-Heptanone is related to the typical fresh taste and creaminess of dairy products (Costa et al., 2019). Ketones have an herbal, fruity, or even floral aroma, and their presence in cheeses is therefore desirable, since they give to the product a more pleasant aroma (Bezerra et al., 2017).

In the terpene group, and after 21 days of storage, the XC cheese presented higher concentrations of β - caryophyllene than the other formulations ($p < 0.05$). Both α - copaene and (+)- δ - cadinene were found only in this formulation, possibly because they are present in the flour made from xique-xique cladode and were added to the cheese. These compounds were not detected in PXC because they were most likely metabolized by the *L. plantarum* CNPC003 strain. Terpenes are generally present in plants of the Brazilian Caatinga, and may be present in the milk of goats that have pastured in the region, which was used to make these cheeses (Sant'Ana et al., 2019). This is confirmed by Moineau -Jean, Champagne, Roy, Raymond and LaPointe (2019), who observed various volatile compounds in the dairy base which were not associated with the fermentation process.

5. Conclusion

This study was the first to evaluate the impacts (during 21 days of storage) of goat cream cheese supplementation with the autochthonous probiotic culture *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour. The addition of xique-xique flour resulted in cheeses with lower palmitic acid content (C16:0) and a consequent decrease in TI after 21 days of storage. The addition of the probiotic culture and xique-xique flour together promoted higher DFA and PUFA contents

on the first day of storage. This likely also contributed to the lower AI and HSFA contents. As in any fermentation process, lactose hydrolysis, with the release of galactose and glucose, occurred during storage; these sugars were more consumed in the probiotic culture and xique-xique flour formulation. Fermentation of these sugars probably led to higher organic acid production, mainly lactic acid. In total, 17 volatile compounds were detected in most formulations. Incorporation of both *L. plantarum* CNPC003 and xique-xique flour resulted in an increase in certain volatile compounds. Being essential for the dairy industry, our results demonstrate the feasibility of using Brazilian xique-xique cactus flour to enrich probiotic goat cheese.

Referências

- Abdelazez, A., Abdelmotaal, H., Zhu, Z. T., Fang-Fang, J., Sami, R., Zhang, L. J., Al-Tawaha, A. R., Meng X. C. (2018). Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review. *Advances in Environmental Biology.*, 12(1): 16-27.
<http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aeb/aeb/2018/January/16-27.pdf>
- Abreu, L. R (2015). Identification and characterization of probiotic potential of bacteria isolated from milk and goat cheese. (in Portuguese) Dissertation (Master's in Biotechnology). Sobral: Faculty of Medicine, Federal University of Ceará, 2015.
- Araújo, C. M., dos Reis, C. G., & de Oliveira, C. A. (2019). Elaboração de barras de cereais com a farinha da cactácea xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *Jornada de Iniciação Científica e Extensão*, 14, 95. (In Portuguese)
- Assis, P. O. A., Guerra, G. C. B., Araújo, D. F. S., Andrade, L. F. L. I., Araújo, A. A., Araújo, R. F. J., & Queiroga, R. C. R. E. (2019). Intestinal anti-inflammatory activity of xique-xique (*Pilosocereus gounellei* A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) juice on acetic acid-induced colitis in rats. *Food & Function*, 10, 7275–7290.
<https://doi.org/10.1039/c9fo00920e>.
- Barbosa, I. C., Oliveira, M. E. G., Madruga, M. S., Gullón, B., Pacheco, M. T. B., Gomes, A. M. P., ... & Queiroga, R. C. R. E. (2016). Influence of the addition of *Lactobacillus acidophilus* La-05, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb-12 and inulin on the technological, physicochemical, microbiological and sensory features of creamy goat cheese. *Food & Function*, 7(10), 4356-4371. <https://doi.org/10.1039/C6FO00657D>
- Barros, R. F., Cutrim, C. S., Costa, M. P., Conte Junior, C. A., & Cortez, M. A. S. (2019). Lactose hydrolysis and organic acids production in yogurt prepared with different onset temperatures of enzymatic action and fermentation. *Ciencia Animal Brasileira*, 20, 1–10.
<https://doi:10.1590/1809-6891v20e-43549>.

- Batista, A. L. D., Silva R., Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Nascimento, K. O., Schmiele, M., ... & Cruz, A. G. (2017). Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. *Journal of Functional Foods*, 38, 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.037>.
- Bezerra, T. K. A., Arcanjo, N. M. O., Garcia, E. F., Gomes, A. M. P., Queiroga, R. C. R. E., Souza, E. L., & Madruga, M. S. (2017). Effect of supplementation with probiotic lactic acid bacteria, separately or combined, on acid and sugar production in goat 'coalho' cheese. *LWT – Food Science and Technology*, 75, 710-718. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.023>.
- Bezerril, F. F., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Souza, M. F. V., Figueiredo, R. M. F., Lima, M. S., ... Queiroga, R. C. R. E. (2021a). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) jam is source of fibers and mineral and improves the nutritional value and the technological properties of goat milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 139, 110512. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110512>
- Bezerril, F. F., Souza, M. F. V., Lima, M. S., Pacheco, M. T. B., Carvalho, P. O. A. A., Sampaio, K. B. S., ... & Queiroga, R. C. R. E. (2021b). Physicochemical characteristics and bioactive compounds of the Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) cactus from Caatinga Brazilian: are they nutritive and functional? *Food Measure*, 15, 3284-3297. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00906-w>.
- Bezerril, F. F., Pimentel, T. C., Sant'Ana, A. M. S., Souza, M. F. V., Medeiros, L. L., Galvão, M., Madruga, M. S., Queiroga, R. C. R. E., & Magnani, M. (2022). *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*, 154, 112598. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112598>.
- Bomfim, V. B., Lopes Neto, J. H. P., Leite, K. S., Vieira, E. A., Iacomini, M., Silva, C. M., Santos, K. M. O., & Cardarelli, H. R. (2020). Partial characterization and antioxidant activity of exopolysaccharides produced by *Lactobacillus plantarum* CNPC003. *LWT – Food Science and Technology*, 127, 109349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109349>.
- Cais-Sokolińska, D., & Walkowiak-Tomczak, D. (2021). Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. *Journal Dairy Science*, 104(2), 1318–1335. <https://doi.org/10.3168/jds.202018770>.
- Costa, M. P., Frasao, 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. P., Monteiro, M. L. G., Frasao, B. S., Silva, V. L. M., Rodrigues, B. L., Chiappini, C. C. J., & Conte-Junior, C. A. (2017). Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 100, 157-168. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11315>.
- Costa, M. F., Pimentel, T. C., Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Cavalcanti, R. N., ... & 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>.
- Dabaj, F. K., Lasekan, O., Manap, M. Y. A., & Ling, F. H. (2020). Evaluation of the volatilomic potentials of the *Lactobacillus casei* 431 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 in fermented milk. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 291-300. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1741688>.
- Da Costa, G. M., de Carvalho Silva, J. V., Mingotti, J. D., Barão, C. E., Klososki, S. J., & Pimentel, T. C. (2017). Effect of ascorbic acid or oligofructose supplementation on *L. paracasei* viability, physicochemical characteristics and acceptance of probiotic orange

- juice. *LWT – Food Science and Technology*, 75, 195-201.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.051>.
- Dantas, D. L. S., Viera, V. B., Soares, J. K. B., dos Santos, K. M. O., Egito, A. S., Figueirêdo, R. M. F., ... & Oliveira, M. E. G. (2022). *Pilosocereus gounellei* (xique-xique) flour: Improving the nutritional, bioactive, and technological properties of probiotic goat-milk yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 158, 113165.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113165>
- Diez-Gutiérrez, L., Vicente, L. S., Barrón, L. J. R., Villarán, M. C., & Chávarri, M. (2020). Gamma-aminobutyric acid and probiotics: Multiple health benefits and their future in the global functional food and nutraceuticals market. *Journal of Functional Foods*, 64, 103669. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103669>.
- Ducrotté, P., Sawant, P., Jayanthi, V. Clinical trial: *Lactobacillus plantarum* 299v (DSM 9843) improves symptoms of irritable bowel syndrome. (2012). *World journal of gastroenterology: WJG*, 18(30), 4012-4018. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i30.4012>
- Fazilah, N. F., Ariff, A. B., Khayat, M. E., Rios-Solis, L., & Halim, M. (2018). Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. *Journal of Functional Foods*, 48, 387–399.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.07.039>.
- Fernandes, A. B. C., Marcolino, V. A., Silva, C., Barão, C. E., & Pimentel, T. C. (2021). Potentially synbiotic fermented beverages processed with water-soluble extract of Baru almond. *Food Bioscience*, 42, 101200. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101200>.
- 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>.
- Galdino, I. K. C. P. O., Oliveira, M. M, Oliveira, A. T., Silva, G. M., Oliveira, T. A., Santos, K. M. O., Egito, A. S., & Buriti, F. C A. (2021). Fermentative behavior of native lactobacilli in goat milk and their survival under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 135, 109905. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109905>.
- González-Martín, I., Hernández-Hierro, J. M., González-Pérez, C., Revilla, I., Vivar-Quintana, A., & Lobos Ortega, I. (2014). Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of volatile components in cheeses. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 666-673. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.008>.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & 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>.
- Kassayová, M., Bobrov, N., Strojny, L., Kisková, T., Mikeš, J., Demečková, V., ... & Bomba, A. (2014). Preventive effects of probiotic bacteria *Lactobacillus plantarum* and dietary fiber in chemically-induced mammary carcinogenesis. *Anticancer Research*, 34(9), 4969-4975. PMID: 25202079. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25202079/>
- Lopes, L. A. A., Pimentel T. C., Carvalho, R. D. S. F., Madruga, M. S., de Sousa Galvão, M., T. K. A. Bezerra, ... & 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>.
- Machado, A. D. G (2019). Development of xiquexique flour (*Pilosocereus gounellei*): nutritional characterization, rheological properties and their use in the preparation of

- cookies. (in Portuguese) Thesis (Doctoral in Science and Technology of Food.). João Pessoa: Federal University of Paraíba, 2019.
- Machado, A. D. G., Pacheco, M. T. B., Queiroga, R. C. R. E., Cavalcante, L. M., Bezerril, F. F., Ormenese, R. C. S. C., ... Oliveira, M. E. G. (2021). Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). *PLoS ONE*, 16, e0255287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255287>.
- Maeda, M., Shibata, A., Biswas, G., Korenaga, H., Kono, T., Itami, T., & Sakai, M. (2014). Isolation of Lactic Acid Bacteria from Kuruma Shrimp (*Marsupenaeus japonicus*) Intestine and Assessment of Immunomodulatory Role of a Selected Strain as Probiotic. *Mar Biotechnol*, 16, 181–192. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10126-013-9532-1>
- 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:10.1016/j.idairyj.2019.02.003>.
- Molkentin, J., & Precht, D. (2000). Validation of a gas-chromatographic method for the determination of milk fat contents in mixed fats by butyric acid analysis. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 194–201. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1438-9312\(200003\)102:3<194::AID-EJLT194>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1438-9312(200003)102:3<194::AID-EJLT194>3.0.CO;2-3)
- Muelas, R., Martí de Olives, A., Romero, G., Díaz, J. R., Sayas-Barberá, M. E., & Sendra, E. (2018). Evaluation of individual lactic acid bacteria for the fermentation of goat milk: Quality parameters, *LWT – Food Science and Technology*, 98, 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.005>.
- 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>.
- Nguyen, T. D., Kang, J. H., Lee, M. S. (2007). Characterization of *Lactobacillus plantarum* pH 04, a potential probiotic bacterium with cholesterol-lowering effects. *International journal of food microbiology*, 113(3), 358–361. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.08.015>
- Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2020). 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>.
- 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>.
- Palomer, X., Pozarro-Delgado, J., Barroso, E., & Vázquez-Carrera, M. (2018). Palmitic and oleic acid: the yin and yang of fatty acids in type 2 diabetes mellitus. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 29, 178–190. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2017.11.009>.

- Punia, S., Sandhu, K. S., Siroha, A. K., & Dhull, S. B. (2019). Omega 3-metabolism, absorption, bioavailability and health benefits—A review. *Pharma Nutrition*, 10, 100162. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2019.100162>
- Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Baines, S. K., Balthazar, C. F., Cruz, A. G., Esmerino, E. A., ... & 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>.
- Ribeiro, T. S., Sampaio, K. B., Menezes, F. N. D. D., Assis, P. O. A., Lima, M. S., Oliveira, M. E. G., & Queiroga, R. C. R. E. (2020). *In vitro* evaluation of potential prebiotic effects of a freeze-dried juice from *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum. Bly. Ex Rowl) cladodes, an unconventional edible plant from Caatinga biome. *3 Biotech*, 10, 448. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02442-8>.
- Ribeiro, A. P. O., Gomes, F. S., Santos, K. M. O., Matta, V. M., Sá, D. G. C. F., Santiago, M. C. P. A., Conte, C., Costa, S. D. O., Ribeiro, L. O., Godoy, R. L. O., & Walter, E. H. M. (2020). Development of a probiotic non-fermented blend beverage with juçara fruit: Effect of the matrix on probiotic viability and survival to the gastrointestinal tract. *LWT – Food Science and Technology*, 118, 108756. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108756>.
- Román, G. C., Jackson, R. E., Gadhia, R., Román, A. N., & Reis, J. (2019). Mediterranean diet: The role of long-chain ω -3 fatty acids in fish; polyphenols in fruits, vegetables, cereals, coffee, tea, cacao and wine; probiotics and vitamins in prevention of stroke, age-related cognitive decline, and Alzheimer disease. *Revue Neurologique*, 175, 724–741. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2019.08.005>.
- Sant'Ana, A. M. S., Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Malveira Batista, A. 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>.
- Santos, T. D., Gonçalves, B. H. R., Carvalho, S. A., Fernandes, S. A., & Ferrão, S. P. (2016). Physical, chemical and sensory characteristics of cream goat cheese produced with Saanen and Alpine milk. *International Journal of Engineering Research & Science*, 2, 102-111.
- SIGMASTAT. (2006). (computer program). Commercial: Point Richmond (California). Version 3.5.
- Singh, A., Vishwakarma V., Singhal, B. (2018). Metabiotics: The functional metabolic signatures of probiotics: Current state-of-art and future research priorities—metabiotics: Probiotics effector molecules. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 9, 147-189. <https://doi.org/10.4236/abb.2018.94012>
- Sousa, G. A., Araújo, I. S., Silva-Freitas, F. V., Viana, A. F. S. C., Neto, B. P. S., Cunha, F. 540 V. M., ... Oliveira, F. A. (2018). Gastroprotective effect of ethanol extracts of cladodes and roots of *Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl (Cactaceae) on experimental ulcer models. *Journal Ethnopharmacology*, 218, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.009>.
- Sperry, M. F., Silva, H. L., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Verruck, S., Prudencio, E. S., ... & Cruz, A. G. (2018). 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*, 45, 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.015>
- 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>.
- Wang, X., Kristo, E., & LaPointe, 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>.
- Zeppa, G., Conterno, L., & Gerbi, V. (2001). Determination of Organic Acids, Sugars, Diacetyl, and Acetoin in Cheese by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 2722–2726.
<https://doi.org/10.1021/jf0009403>
- Zhang, L., Mi, S., Liu, R. B., Sang, Y. X., & Wang, X. H. (2020). Evaluation of volatile compounds during the fermentation process of yogurts by *Streptococcus thermophilus* based on odor activity value and heat map analysis. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020, 3242854. <https://doi.org/10.1155/2020/3242854>.

Table 1. Fatty acid profile of goat cream cheese.

Fatty acids	Days of storage	Formulations			
		CC	PC	XC	PXC
Short chain					
Butyric (C4:0)	1	0.95 ± 0.07 ^{Aa}	1.00 ± 0.05 ^{Aa}	0.91 ± 0.01 ^{Aa}	0.92 ± 0.03 ^{Aa}
	21	0.97 ± 0.14 ^{Aa}	0.82 ± 0.08 ^{Ab}	0.79 ± 0.05 ^{Aa}	1.00 ± 0.16 ^{Aa}
Medium chain					
Caproic (C6:0)	1	1.54 ± 0.00 ^{Aa}	1.60 ± 0.10 ^{Aa}	1.31 ± 0.34 ^{Aa}	1.68 ± 0.08 ^{Aa}
	21	1.57 ± 0.20 ^{Aa}	1.46 ± 0.13 ^{Aa}	1.52 ± 0.17 ^{Aa}	1.77 ± 0.28 ^{Aa}
Caprylic (C8:0)	1	2.08 ± 0.06 ^{Aa}	2.20 ± 0.13 ^{Aa}	2.29 ± 0.14 ^{Aa}	2.25 ± 0.07 ^{Aa}
	21	2.18 ± 0.20 ^{Aa}	2.00 ± 0.14 ^{Aa}	1.93 ± 0.05 ^{Ab}	2.05 ± 0.05 ^{Aa}
Capric (C10:0)	1	7.93 ± 0.32 ^{Aa}	8.20 ± 0.17 ^{Aa}	7.92 ± 0.44 ^{Aa}	8.31 ± 0.01 ^{Aa}
	21	7.91 ± 0.10 ^{Ba}	8.11 ± 0.08 ^{Ba}	7.61 ± 0.14 ^{Ca}	8.49 ± 0.09 ^{Aa}
Undecylic (C11:0)	1	0.27 ± 0.06 ^{Aa}	0.28 ± 0.04 ^{Aa}	0.28 ± 0.08 ^{Aa}	0.28 ± 0.02 ^{Aa}
	21	0.25 ± 0.01 ^{Ba}	0.25 ± 0.02 ^{ABa}	0.22 ± 0.01 ^{Ba}	0.28 ± 0.00 ^{Aa}
Lauric (C12:0)	1	3.39 ± 0.01 ^{Aa}	3.44 ± 0.14 ^{Aa}	3.06 ± 0.48 ^{Aa}	3.41 ± 0.04 ^{Aa}
	21	3.54 ± 0.20 ^{Aa}	3.19 ± 0.27 ^{Aa}	3.25 ± 0.04 ^{Aa}	3.67 ± 0.04 ^{Aa}
Tridecylic (C13:0)	1	0.16 ± 0.01 ^{Aa}	0.13 ± 0.01 ^{Ba}	0.15 ± 0.01 ^{Aa}	0.13 ± 0.00 ^{Bb}
	21	0.13 ± 0.01 ^{Bb}	0.12 ± 0.01 ^{Ba}	0.12 ± 0.01 ^{Ba}	0.16 ± 0.02 ^{Aa}
Myristic (C14:0)	1	9.59 ± 0.08 ^{Aa}	9.63 ± 0.29 ^{Aa}	9.48 ± 0.19 ^{Aa}	9.40 ± 0.04 ^{Aa}
	21	10.17 ± 1.28 ^{Aa}	9.59 ± 0.09 ^{Aa}	9.32 ± 0.08 ^{Aa}	9.89 ± 0.34 ^{Aa}
Myristoleic (C14:1)	1	0.44 ± 0.01 ^{Aa}	0.41 ± 0.02 ^{Aa}	0.40 ± 0.09 ^{Aa}	0.37 ± 0.03 ^{Aa}
	21	0.45 ± 0.09 ^{Aa}	0.34 ± 0.04 ^{Aa}	0.39 ± 0.00 ^{Aa}	0.40 ± 0.02 ^{Aa}
Pentadecylic (C15:0)	1	1.02 ± 0.03 ^{Aa}	0.94 ± 0.05 ^{Aa}	1.00 ± 0.05 ^{Aa}	0.94 ± 0.02 ^{Aa}
	21	1.01 ± 0.17 ^{Aa}	0.84 ± 0.04 ^{Aa}	0.90 ± 0.00 ^{Aa}	0.82 ± 0.06 ^{Aa}
Pentadecenoic (C15:1)	1	0.29 ± 0.04 ^{Aa}	0.22 ± 0.01 ^{Aa}	0.24 ± 0.08 ^{Aa}	0.24 ± 0.02 ^{Aa}
	21	0.33 ± 0.04 ^{Aa}	0.20 ± 0.01 ^{Ba}	0.24 ± 0.05 ^{ABa}	0.26 ± 0.05 ^{ABa}
Long chain					
Palmitic (C16:0)	1	29.55 ± 0.61 ^{ABa}	30.53 ± 0.24 ^{Ab}	30.24 ± 0.94 ^{Aa}	28.21 ± 0.54 ^{Bb}
	21	30.68 ± 1.06 ^{Ba}	33.63 ± 0.10 ^{Aa}	29.59 ± 0.32 ^{Ba}	30.51 ± 0.61 ^{Ba}
Palmitoleic (C16:1) ω7	1	0.93 ± 0.01 ^{Aa}	0.84 ± 0.06 ^{Aa}	0.85 ± 0.06 ^{Aa}	0.91 ± 0.00 ^{Aa}
	21	1.08 ± 0.24 ^{Aa}	0.71 ± 0.04 ^{Ba}	0.76 ± 0.03 ^{ABa}	0.93 ± 0.16 ^{Aa}
Margaric (C17:0)	1	0.94 ± 0.04 ^{Aa}	0.93 ± 0.15 ^{Aa}	0.90 ± 0.01 ^{Aa}	0.81 ± 0.13 ^{Aa}
	21	0.88 ± 0.04 ^{Aa}	0.81 ± 0.06 ^{Aa}	0.81 ± 0.00 ^{Aa}	0.92 ± 0.12 ^{Aa}
Heptadecanoic (C17:1)	1	0.30 ± 0.04 ^{Aa}	0.26 ± 0.02 ^{Aa}	0.22 ± 0.05 ^{Aa}	0.28 ± 0.02 ^{Aa}
	21	0.23 ± 0.00 ^{Aa}	0.26 ± 0.02 ^{Aa}	0.22 ± 0.06 ^{Aa}	0.25 ± 0.17 ^{Aa}
Stearic (C18:0)	1	11.28 ± 0.07 ^{Aa}	11.33 ± 0.74 ^{Aa}	11.82 ± 0.51 ^{Aa}	10.89 ± 0.04 ^{Aa}
	21	10.62 ± 0.75 ^{Aa}	10.99 ± 0.20 ^{Aa}	11.87 ± 0.46 ^{Aa}	11.19 ± 0.47 ^{Aa}
Elaidic (C18:1	1	2.79 ± 0.01 ^{Aa}	2.85 ± 0.04 ^{Aa}	2.45 ± 0.45 ^{Aa}	2.56 ± 0.01 ^{Aa}

n9trans) ω9	21	2.38 ± 0.52 ^{Aa}	2.44 ± 0.17 ^{Aa}	2.77 ± 0.02 ^{Aa}	2.15 ± 0.07 ^{Aa}
Oleic (C18:1 n9cis) ω9	1 21	17.64 ± 0.58 ^{Aa} 16.90 ± 1.59 ^{ABa}	17.37 ± 0.51 ^{ABa} 16.52 ± 0.50 ^{Ba}	17.35 ± 0.49 ^{ABb} 18.86 ± 0.31 ^{Aa}	16.18 ± 0.14 ^{Ba} 16.87 ± 0.21 ^{ABa}
Linolelaidic (C18:2 n6trans) ω6	1 21	0.18 ± 0.01 ^{Aa} 0.19 ± 0.15 ^{Ba}	0.12 ± 0.02 ^{Bb} 0.50 ± 0.10 ^{Aa}	0.15 ± 0.02 ^{ABa} 0.27 ± 0.08 ^{ABa}	0.08 ± 0.02 ^{Ba} 0.15 ± 0.03 ^{Ba}
Linoleic (C18:2 n6cis) ω6	1 21	2.91 ± 0.05 ^{Aa} 2.74 ± 0.38 ^{ABa}	2.89 ± 0.05 ^{Aa} 2.48 ± 0.05 ^{Ba}	2.94 ± 0.08 ^{Aa} 3.21 ± 0.04 ^{Aa}	2.81 ± 0.01 ^{Aa} 2.41 ± 0.34 ^{Ba}
Arachidic (C20:0)	1 21	0.51 ± 0.04 ^{ABa} 0.40 ± 0.03 ^{Aa}	0.40 ± 0.16 ^{Ba} 0.20 ± 0.04 ^{ABb}	0.59 ± 0.01 ^{ABa} 0.25 ± 0.09 ^{ABb}	0.73 ± 0.16 ^{Aa} 0.29 ± 0.03 ^{Ab}
Gamma-Linolenic (C18:3 n6cis) ω6	1 21	0.17 ± 0.02 ^{Aa} 0.16 ± 0.01 ^{Aa}	0.17 ± 0.01 ^{Aa} 0.34 ± 0.23 ^{Aa}	0.12 ± 0.03 ^{Ba} 0.20 ± 0.05 ^{Aa}	0.17 ± 0.01 ^{Aa} 0.20 ± 0.05 ^{Aa}
Gondoic (C20:1 n11cis) ω9	1 21	0.90 ± 0.01 ^{Aa} 0.67 ± 0.08 ^{ABb}	0.77 ± 0.06 ^{ABa} 0.54 ± 0.12 ^{Bb}	0.64 ± 0.15 ^{Ba} 0.68 ± 0.07 ^{ABa}	0.79 ± 0.03 ^{ABa} 0.83 ± 0.04 ^{Aa}
Alpha-Linolenic (C18:3 n9cis) ω3	1 21	nd 0.04 ± 0.01 ^{Ba}	nd 0.13 ± 0.02 ^{Aa}	0.06 ± 0.01 ^{Aa} 0.06 ± 0.02 ^{Ba}	nd 0.07 ± 0.01 ^{Ba}
Heneicosylic (C21:0)	1 21	0.11 ± 0.04 ^{Aa} 0.08 ± 0.00 ^{Ba}	0.06 ± 0.01 ^{ABa} 0.11 ± 0.04 ^{Ba}	0.06 ± 0.01 ^{ABb} 0.19 ± 0.12 ^{Ba}	0.05 ± 0.00 ^{Bb} 0.79 ± 0.04 ^{Aa}
Behenic (C22:0)	1 21	0.94 ± 0.19 ^{Ba} 1.10 ± 0.02 ^{Aa}	1.03 ± 0.44 ^{ABa} 0.50 ± 0.32 ^{Aa}	1.06 ± 0.16 ^{ABa} 0.85 ± 0.10 ^{Aa}	1.66 ± 0.18 ^{Aa} 0.81 ± 0.62 ^{Ab}
Erucic (C22:1n9) ω9	1 21	0.28 ± 0.02 ^{Aa} 0.18 ± 0.04 ^{ABb}	0.22 ± 0.02 ^{Ba} 0.16 ± 0.02 ^{ABa}	0.21 ± 0.02 ^{Ba} 0.22 ± 0.03 ^{Aa}	0.22 ± 0.01 ^{Ba} 0.08 ± 0.06 ^{Ab}
Eicosapentaenoic (C20:5)	1 21	2.32 ± 0.52 ^{Ba} 2.54 ± 0.23 ^{Aa}	1.97 ± 0.25 ^{Ba} 1.68 ± 0.06 ^{Ba}	2.67 ± 0.16 ^{Ba} 2.31 ± 0.24 ^{Aa}	4.67 ± 0.47 ^{Aa} 2.31 ± 0.03 ^{Ab}
Docosahexaenoic (C22:6)	1 21	0.63 ± 0.18 ^{Ba} 0.74 ± 0.12 ^{Ba}	0.37 ± 0.16 ^{Bb} 1.11 ± 0.08 ^{Aa}	0.68 ± 0.04 ^{Ba} 0.72 ± 0.09 ^{Ba}	1.32 ± 0.16 ^{Aa} 0.51 ± 0.12 ^{Bb}
SFA	1 21	70,25 ± 0,12 ^{ABa} 70,91 ± 2,15 ^{Aa}	71,68 ± 0,53 ^{ABa} 72,64 ± 2,01 ^{Aa}	72,64 ± 2,01 ^{Aa} 69,22 ± 0,01 ^{Aa}	69,64 ± 0,19 ^{Ba} 72,61 ± 0,46 ^{Aa}
UFA	1 21	29,76 ± 0,12 ^{ABa} 29,10 ± 2,16 ^{Aa}	28,32 ± 0,53 ^{ABa} 27,36 ± 2,01 ^{Aa}	27,36 ± 2,01 ^{Ba} 30,79 ± 0,01 ^{Aa}	30,36 ± 0,19 ^{Aa} 27,39 ± 0,46 ^{Aa}
MUFA	1 21	23,57 ± 0,55 ^{Aa} 22,71 ± 1,28 ^{Aa}	22,82 ± 0,58 ^{Aa} 21,14 ± 1,77 ^{Aa}	21,14 ± 1,77 ^{Aa} 24,04 ± 0,31 ^{Aa}	21,30 ± 0,42 ^{Aa} 21,75 ± 0,59 ^{Aa}
PUFA	1 21	6,18 ± 0,68 ^{Ba} 6,39 ± 0,88 ^{Aa}	5,50 ± 0,05 ^{Ba} 6,22 ± 0,23 ^{Aa}	6,22 ± 0,23 ^{Ba} 6,75 ± 0,31 ^{Aa}	9,06 ± 0,61 ^{Aa} 5,64 ± 0,13 ^{Ab}
AI	1 21	2.40 ± 0.04 ^{ABa} 2.60 ± 0.41 ^{Aa}	2.56 ± 0.01 ^{Aa} 2.76 ± 0.22 ^{Aa}	2.62 ± 0.18 ^{Aa} 2.28 ± 0.02 ^{Aa}	2.28 ± 0.04 ^{Ba} 2.69 ± 0.02 ^{Aa}
TI	1 21	2.20 ± 0.23 ^{Aa} 2.17 ± 0.24 ^{Ba}	2.48 ± 0.03 ^{Aa} 2.48 ± 0.08 ^{Aa}	2.20 ± 0.08 ^{Aa} 2.13 ± 0.08 ^{Ba}	1.51 ± 0.10 ^{Bb} 2.35 ± 0.06 ^{ABa}
DFA	1	40.04 ± 0.05 ^{Aa}	39.65 ± 0.21 ^{ABa}	39.18 ± 1.50 ^{Ba}	41.25 ± 0.23 ^{Aa}

	21	39.72 ± 2.91 ^{Aa}	38.35 ± 2.20 ^{Aa}	42.66 ± 0.46 ^{Aa}	38.58 ± 0.01 ^{Aa}
HSFA	1	42.53 ± 0.68 ^{Aa}	43.60 ± 0.19 ^{Aa}	42.78 ± 0.27 ^{Aa}	41.02 ± 0.54 ^{Ba}
	21	44.38 ± 2.63 ^{ABa}	46.41 ± 0.26 ^{Aa}	42.16 ± 0.43 ^{Ba}	44.07 ± 0.91 ^{ABa}

Average values of fatty acid identified in the goat cream cheese samples. Values are expressed in g of fatty acid/100 g of sample.

SFA: saturated fatty acids; UFA: unsaturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids; AI: Atherogenicity Index; TI: Thrombosity Index; DFA: Desirable Fatty Acids; HSFA: Hypercholesterolemic Saturated Fatty Acids; nd: not detected.

AI = (C12:0 + 4 C14:0 + C16:0)/[ΣMUFA + ΣPUFA(n-6) and (n-3)]; TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/[0.5 × ΣMUFA + 0.5 × ΣPUFA(n-6) + 3 × ΣPUFA(n-3) + (n-3)/(n-6)]; DFA = MUFA + PUFA + C18:0; HSFA = C12:0 + C14:0 + C16:0. (n = 12).

^{A-B} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test (p < 0.05) between formulations (n = 12).

^{a-b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test (p < 0.05) over storage time (n = 12).

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic and xique-xique flour (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

Table 2. Sugar and Organic acids profile of goat cream cheese.

Parameters	Days of storage	Formulations			
		CC	PC	XC	PXC
Sugar					
Lactose	1	1.80 ± 0.13 ^{Aa}	1.56 ± 0.02 ^{Ba}	1.60 ± 0.03 ^{Ba}	1.60 ± 0.11 ^{Ba}
	21	0.52 ± 0.01 ^{Cb}	0.98 ± 0.02 ^{Ab}	0.93 ± 0.02 ^{Ab}	0.83 ± 0.02 ^{Bb}
Galactose	1	0.03 ± 0.01 ^{Ab}	nd	nd	nd
	21	0.39 ± 0.10 ^{Aa}	0.11 ± 0.01 ^{Ba}	0.40 ± 0.01 ^{Aa}	nd
Glucose	1	0.17 ± 0.01 ^{Bb}	0.49 ± 0.04 ^{Ab}	0.23 ± 0.01 ^{Bb}	0.19 ± 0.01 ^{Bb}
	21	0.40 ± 0.04 ^{Ca}	0.80 ± 0.01 ^{Aa}	0.61 ± 0.02 ^{Ba}	0.32 ± 0.01 ^{Ca}
Organic acids					
Lactic	1	0.40 ± 0.13 ^{Ab}	0.61 ± 0.11 ^{Aa}	0.68 ± 0.15 ^{Ab}	0.68 ± 0.08 ^{Ab}
	21	1.43 ± 0.12 ^{Aa}	0.93 ± 0.20 ^{Ba}	1.83 ± 0.35 ^{Aa}	1.25 ± 0.18 ^{ABa}
Acetic	1	0.01 ± 0.01 ^{Bb}	0.02 ± 0.01 ^{Aa}	0.01 ± 0.01 ^{Bb}	0.02 ± 0.01 ^{Aa}
	21	0.04 ± 0.01 ^{Aa}	0.03 ± 0.01 ^{ABa}	0.04 ± 0.01 ^{Aa}	0.02 ± 0.01 ^{Ba}
Propionic	1	0.13 ± 0.01 ^{Ab}	0.12 ± 0.01 ^{Ab}	0.11 ± 0.04 ^{Ab}	0.10 ± 0.02 ^{Aa}
	21	0.26 ± 0.01 ^{Aa}	0.19 ± 0.01 ^{ABa}	0.24 ± 0.03 ^{Aa}	0.13 ± 0.02 ^{Ba}

Average values of sugars identified in the goat cream cheese samples during 21 days of storage. 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.

^{A-B} Mean ± standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$) between formulations ($n = 12$).

^{a-b} Mean ± standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$) over storage time ($n = 12$).

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC – goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

Nd: not detected.

Table 3. Volatile compounds in goat cream cheese.

Class	Compounds	IR Lit	IR	Storage/days	CC	PC	XC	PXC
Aldehyde	trans-2-Decenal	1263	1263	1	-	-	-	0.52 ± 0.03
				21	-	-	-	-
Acid	Acetic acid	610	<800	1	12.65 ± 0.84 ^{Ba}	21.20 ± 0.60 ^{Aa}	16.08 ± 0.35 ^{Ba}	19.46 ± 3.29 ^{ABb}
				21	22.73 ± 2.66 ^{Ba}	33.65 ± 19.3 ^{Ba}	20.57 ± 8.16 ^{Ba}	78.36 ± 8.18 ^{Aa}
	Isopentanoic acid	901	904	1	-	-	-	-
				21	-	-	-	13.87 ± 0.09
	Ethylmethylacetic acid	898	913	1	-	-	-	-
				21	-	-	-	12.92 ± 1.62
	Hexanoic acid	990	1000	1	-	-	1.93 ± 0.08 ^{Ba}	3.83 ± 0.75 ^A
				21	1.59 ± 0.38 ^{Aa}	-	1.23 ± 0.96 ^{Aa}	-
	Octanoic acid	1180	1185	1	4.64 ± 0.82 ^{Ba}	6.47 ± 0.02 ^{AB}	9.27 ± 2.42 ^{Aa}	5.23 ± 1.13 ^{Ba}
				21	8.16 ± 0.84 ^{Aa}	-	6.68 ± 1.37 ^{Aa}	7.65 ± 0.99 ^{Aa}
	Decanoic acid	1373	1373	1	6.72 ± 3.16 ^{Aa}	4.73 ± 0.78 ^{Aa}	5.73 ± 0.15 ^{Aa}	4.26 ± 2.32 ^{Aa}
				21	4.28 ± 1.09 ^{Aa}	6.38 ± 1.98 ^{Aa}	4.48 ± 3.23 ^{Aa}	4.26 ± 2.13 ^{Aa}
Alcohol	2-Ethylhexanol	1030	1033	1	0.90 ± 0.05 ^{Aa}	0.63 ± 0.13 ^{Ba}	1.02 ± 0.07 ^{Aa}	0.46 ± 0.07 ^{Bb}
				21	1.12 ± 0.01 ^{Aa}	0.71 ± 0.05 ^{Ba}	1.07 ± 0.10 ^{Aa}	0.84 ± 0.11 ^{Ba}
	1-Octanol	1071	1075	1	1.30 ± 0.08 ^{Ba}	1.96 ± 0.16 ^A	1.40 ± 0.02 ^{Ba}	1.73 ± 0.13 ^{Ab}
				21	1.39 ± 0.18 ^{Ba}	-	1.06 ± 0.05 ^{Bb}	2.40 ± 0.34 ^{Aa}
	1-Nonanol	1173	1174	1	-	0.49 ± 0.01 ^{Aa}	0.52 ± 0.15 ^A	0.55 ± 0.17 ^{Aa}
				21	-	0.58 ± 0.04 ^{Aa}	-	0.57 ± 0.04 ^{Aa}
	1-Decanol	1273	1274	1	2.76 ± 1.60 ^A	-	-	0.38 ± 0.02 ^{Ba}
				21	-	-	-	0.49 ± 0.05 ^a
Cetone	Acetoin	713	<800	1	0.83 ± 0.14 ^{Ba}	3.00 ± 0.73 ^{Aa}	0.82 ± 0.06 ^{Ba}	2.15 ± 0.01 ^{Aa}

Terpene	2-Heptanone	891	891	21	2.37 ± 1.71^{Aa}	5.77 ± 4.13^{Aa}	2.22 ± 1.34^{Aa}	6.31 ± 2.33^{Aa}
				1	3.00 ± 0.16^{Aa}	1.69 ± 0.14^B	2.85 ± 0.16^{Aa}	1.42 ± 0.18^{Ba}
				21	3.94 ± 1.40^{Aa}	-	3.02 ± 1.38^{Aa}	1.90 ± 1.12^{Aa}
	α -Copaene	1376	1379	1	-	-	$0,34 \pm 0.07^a$	-
				21	-	-	$0,75 \pm 0.09^{Aa}$	-
	β -Caryophyllene	1419	1423	1	-	0.60 ± 0.08^{Aa}	1.37 ± 0.83^{Ab}	1.67 ± 0.58^{Aa}
				21	-	1.51 ± 0.82^{Ba}	3.06 ± 0.03^{Aa}	2.37 ± 0.34^{ABa}
	(+) - δ -Cadinene	1524	1527	1	-	-	0.25 ± 0.09^a	-
				21	-	-	0.25 ± 0.01^a	-
Hydrocarboneto	1-Decyne	-	1027	1	2.78 ± 0.14^{Aa}	$5.38 \pm 4,21^{Aa}$	$2.42 \pm 1,70^{Aa}$	1.04 ± 0.24^{Ab}
				21	5.55 ± 0.15^{Aa}	2.51 ± 0.83^{Aa}	$7.12 \pm 4,44^{Aa}$	$10.29 \pm 8,29^{Aa}$

Mean values of volatile compounds identified in goat cream cheese samples during 21 days of storage. Values are expressed in peak counts.

^{A-B} Mean $\pm$ standard deviation with different capital letters on the same line differed by the Tukey's test ($p < 0.05$) between formulations ($n = 12$).

^{a-b} Mean $\pm$ standard deviation with different lowercase letters in the same column differed by Tukey's test ($p < 0.05$) over storage time ($n = 12$).

Formulations: CC – goat cream cheese without probiotic (Control); PC – goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003; XC - goat cream cheese added with xique-xique flour; PXC - goat cream cheese added with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 and xique-xique flour.

IR Lit: Literature retention index.

IR: Calculated retention index.

- not detected

APÊNDICE C – Teste de Aceitação e Intenção de Compra

Teste de Aceitação e Intenção de compra

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

Você está recebendo 04 amostras codificadas de queijo caprino. Por favor, prove as amostras, da esquerda para direita, e avalie sensorialmente cada amostra de acordo com os atributos. Escreva o valor da escala que você considera correspondente à amostra (código) no que diz respeito aos atributos avaliados. Espere 30 segundos antes de consumir a próxima amostra e utilize a água entre cada avaliação.

- 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				

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

Por favor, prove a amostra **462** de queijo 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 ao sal:

☐ Extremamente mais salgado que o ideal	☐ Um pouco mais salgado que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos salgado que o ideal	☐ Extremamente menos salgado 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 **915** de queijo 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 ao sal:

☐ Extremamente mais salgado que o ideal	☐ Um pouco mais salgado que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos salgado que o ideal	☐ Extremamente menos salgado 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 **674** de queijo 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 ao sal:

☐ Extremamente mais salgado que o ideal	☐ Um pouco mais salgado que o ideal	☐ Ideal
☐ Um pouco menos salgado que o ideal	☐ Extremamente menos salgado 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 **358** de queijo 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 ao sal:

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

APÊNDICE E – Termo de consentimento livre e esclarecimento**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **“Desenvolvimento de queijo cremoso caprino potencialmente probiótico adicionado de *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique”**. 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 queijo cremoso caprino potencialmente probiótico adicionado de *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC003 e farinha de xique-xique”.

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS: Daniela Karla Medeiros Vasconcelos, Maria Elieidy Gomes de Oliveira

OBJETIVOS: Avaliar a influência da adição de cultura lática autóctone com potencial probiótico (*L. plantarum* CNPC003) e farinha de xique-xique nos aspectos de qualidade do queijo cremoso 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 queijo.

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

ANEXOS

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

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

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

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

Pesquisador: MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 79748617.2.0000.5188

Instituição Proponente: Centro De Ciências da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.211.170

Apresentação do Projeto:

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

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

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

Objetivo Secundário:

Elaborar barra de cereal do tipo snack bar adicionado de farinha de xique-xique; Elaborar pão adicionado de polpa de xique-xique; Elaborar cookie

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

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

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



Continuação do Parecer: 3.211.170

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

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

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

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

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

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

Recomendações:

Recomenda-se aprovar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

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

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

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1201322_E1.pdf	05/02/2019 14:12:32		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto1.pdf	31/10/2017 13:39:57	MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA	Aceito

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

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



Continuação do Parecer: 3.211.170

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

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 20 de Março de 2019

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANEXO B – Patente de invenção: Queijo cremoso caprino probiótico adicionado de farinha de cactácea.



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

Número do Processo: BR 10 2022 004395 7

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

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Cidade Universitária

Cidade: João Pessoa

Estado: PB

CEP: 58059-900

País: Brasil

Telefone: (83) 32167558

Fax:

Email: inova@reitoria.ufpb.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 10/03/2022 às 10:01, Petição 870220020278

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): QUEIJO CREMOSO CAPRINO PROBIÓTICO ADICIONADO DE FARINHA DE CACTÁCEA

Resumo: A presente invenção refere-se a um queijo cremoso caprino probiótico adicionado de farinha de cactácea, utilizando-se como fermento uma bactéria láctica probiótica, o *Lactiplantibacillus plantarum*, incorporado a uma matriz láctea caprina e, posteriormente, adicionado de componente com possível potencial prebiótico, a farinha de xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). O queijo elaborado apresenta excelentes características como potencial funcional pela presença de probiótico e fibras, além de alto valor nutritivo, devido ao conteúdo de proteínas, oligossacarídeos e ácidos graxos de cadeia média e curta. A presença da cepa probiótica e de fibras contribuem para a saúde do sistema digestivo e melhora da imunidade do organismo. A metodologia de preparo pode ser executada de forma fácil e acessível, apresentando um bom custo x benefício, além de proporcionar a inclusão de uma cactácea rica em nutrientes e compostos bioativos, que é encontrada em grande quantidade em todo território do Semiárido do Nordeste brasileiro.

Figura a publicar: 1

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 3

Nome: DANIELA KARLA MEDEIROS VASCONCELOS

CPF: 05444191466

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Doutorando

Endereço: Rua Inácio Ferreira Serrano, 45, apt. 301, Brisamar

Cidade: João Pessoa

Estado: PB

CEP: 58033-360

País: BRASIL

Telefone: (83) 998 007193

Fax:

Email: karla@hotmail.com

Inventor 2 de 3

Nome: MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA

CPF: 01187544400

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Rua Estudante Manoel Soares de Lima Filho, 29, Ap 302A, ardim
São Paulo

Cidade: João Pessoa

Estado: PB

CEP: 58051-005

País: BRASIL

Telefone: (83) 996 886068

Fax:

Email: elieidynutri@yahoo.com.br

Inventor 3 de 3

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 10/03/2022 às 10:01, Petição 870220020278

Nome: MÁRCIA GABRIELLE SILVA VIANA

CPF: 06808882410

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Doutorando

Endereço: Rua Ana de Fátima Gama Cabral, 701, Portal do Sol

Cidade: João Pessoa

Estado: PB

CEP: 58046-780

País: BRASIL

Telefone: (83) 987 036858

Fax:

Email: mgabisviana@gmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	00_Comprovante.pdf
Relatório Descritivo	01_Relatorio_descritivo.pdf
Reivindicação	02_Reivindicacoes.pdf
Desenho	03_Desenhos.pdf
Resumo	04_Resumo.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Positiva de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, realizado a partir de 30 de junho de 2000, e que foram cumpridas as determinações da Lei 13.123 de 20 de maio de 2015, informando ainda:

Número da Autorização de Acesso: A3532F6

Data da Autorização de Acesso: 30/04/2018

Origem do material genético e do conhecimento tradicional associado, quando for o caso

Sobral (CE).

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 10/03/2022 às 10:01, Petição 870220020278