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

JÉSSICA LIMA DE MORAIS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO POTENCIALMENTE PROBIÓTICO ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE ACEROLA E MORANGO

JOÃO PESSOA – PB

2021

JÉSSICA LIMA DE MORAIS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO POTENCIALMENTE PROBIÓTICO ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE ACEROLA E MORANGO

JOÃO PESSOA – PB

2021

JÉSSICA LIMA DE MORAIS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO POTENCIALMENTE PROBIÓTICO ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE ACEROLA E MORANGO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profª Drª Maria Elieidy Gomes de Oliveira.

JOÃO PESSOA – PB

2021

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M827d Morais, Jessica Lima de.
Desenvolvimento e caracterização de iogurte caprino tipo grego potencialmente probiótico adicionado de geleia mista de acerola e morango / Jessica Lima de Morais. - João Pessoa, 2021.
215 f. : il.

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

1. Leite de cabra. 2. Alimentos funcionais. 3. Probióticos. 4. Produtos lácteos. 5. Geleia - Acerola e morango. I. Oliveira, Maria Elieidy Gomes de. II. Título.

UFPB/BC CDU 637.12'639(043)

Elaborado por Larissa Silva Oliveira de Mesquita - CRB-15/746

JÉSSICA LIMA DE MORAIS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO POTENCIALMENTE PROBIÓTICO ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE ACEROLA E MORANGO

Tese apresentada em 28/09/2021.

BANCA EXAMINADORA

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

Coordenador da Banca Examinadora

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

Examinador Interno

Profa. Dra. Estefânia Fernandes Garcia – CTDR/UFPB

Examinador Externo

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

Examinador Externo

Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa Figueirêdo – DEQ/CTRN/UFCG

Examinador Externo

A Deus, o meu criador e fiel protetor;

À minha doce e amada avó, Edite Trajano de Lima *in memorian*;

Aos meus pais Irineu Morais e Odísia Ferreira e ao meu irmão Irineu Júnior por todo o amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gratidão a Deus, pelo dom da vida, por ser minha fortaleza, por ter estado comigo até nos momentos em que achei que estava sozinha. Sua voz ecoava em meus ouvidos: “Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar" (Josué 1:9). E assim, eu segui o caminho, mesmo com tantos obstáculos, mesmo com momentos em que eu achava que ia desistir, a Tua voz me impulsionava e guiava, motivava: “Se eu te trouxe aqui eu tinha um propósito para tua vida, eu precisava te lapidar!” E hoje concluindo este ciclo tenho certeza dos propósitos de Deus para minha vida e do que eu precisava aprender, aperfeiçoar, crescer para poder contribuir. Te amo, meu Deus!

Aos meus pais, pela oportunidade cedida, por todo esforço para me manter estudando, por todos os momentos em que me apoiaram, me apararam quando eu achava que não iria conseguir. Neste último ano tantas foram as dificuldades, tantas coisas superamos juntos, um amparando o outro, e agora Deus nos honra com mais este ciclo concluído, que dedico de coração a vocês. E profetizo: o melhor está por vir!

Ao meu irmão amado Irineu Júnior, irmão de sangue, de alma e de espírito, com quem aprendo todos os dias a ser um ser humano melhor, que me diz todos os dias “Irmã, você é capaz”; “Irmã, te amo”, você é minha inspiração, meu refúgio, minha fortaleza aqui neste mundo.

Ao meu primo Vitório Augusto por ter me auxiliado em todos os testes sensoriais, minha gratidão e carinho, amo você.

À Profa. Dra. Maria Elieidy Gomes de Oliveira, por aceitar o desafio de me orientar desde a graduação. Com tantas histórias e momentos compartilhados é quase possível escrever um livro! Gratidão por compartilhar tantos ensinamentos e informações, por entender as minhas limitações e me apoiar durante todo esse projeto. Sou muito grata por tudo que fez por mim! Irei mantê-la em um cantinho especial no meu coração para sempre. Obrigada!

À Prof. Dra. Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga *in memorian*, por ter me possibilitado a realização de muitos experimentos nos laboratórios que coordenava, por ser inspiração e por sempre ter uma palavra motivadora.

À Prof. Dra. Vanessa Bordin Viera, como escolher palavras para expressar a gratidão que tenho por essa pessoa maravilhosa? Esse ser humano incrível e admirável conquistou o coração de todos ao chegar no CES-UFCG, com um sotaque que já entregava suas origens, mas pouco dizia do tamanho do potencial que esta professora que acabava de chegar trazia para

aquele *campus.* Tantos foram os aprendizados que a senhora me trouxe, tanta ajuda, tanta doação de mão de obra, de incentivo, de motivação, os momentos de bancada… como eu aprendi! Um turbilhão de aprendizados extraordinários que transcendem os científicos e que com certeza levarei para minha vida. Valeu cada segundo de aprendizado, de companheirismo, de amor… Você é uma das poucas pessoas que eu conheci que pratica a diligência com afinco e pureza. Que Deus abençoe infinitamente a tua vida. Gratidão minha amiga, GRATIDÃO!

À Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, por quem tenho grande admiração, respeito e carinho, que me acompanha desde o mestrado e possibilitou a realização de importantes ensaios do experimento. Obrigada também por me transmitir conhecimentos valiosíssimos, sempre com muito afinco e paciência. Mesmo em sua rotina apertada, sempre conseguia um tempo disponível para me ensinar passo a passo cada detalhe importante dos dados reológicos. O resultado é que eu acabei me encantando com a reologia, nunca imaginava; mas, eis que a senhora com seu jeito calmo, tranquilo, conseguiu aos poucos plantar sementinhas em mim. Gratidão por ter aceitado o convite para ser examinadora da minha banca e trazer ainda mais contribuições valiosas para esta pesquisa. Deixo aqui meu afeto e sentimento genuíno por tudo!

À Profa. Dra. Juliana Késsia Barbosa Soares, que de certa forma acompanha a minha trajetória desde a graduação e é para mim fonte de grande inspiração, contribuindo sempre de forma valiosa na construção de meus projetos acadêmicos. Gratidão por ter aceitado o convite em compor a minha banca e trazer ainda mais contribuições valiosas para esta pesquisa. A você, minha gratidão e carinho.

À Profa. Dra. Silvia Dutcoski, com quem eu fiz um curso chamado "Treinamento intensivo para capacitação em análise sensorial: Teoria e prática", Módulo 1: Fundamentos e métodos analíticos objetivos: Discriminativos e Descritivos, e que foi fundamental para a realização de parte do experimento. Gratidão por todos os ensinamentos, sugestões e disponibilidade sempre que precisei, mesmo após o término do curso.

Aos amigos nutricionistas e meus ex-alunos, que orgulho de ter contribuído de alguma forma com a formação profissional de vocês. Edson Pontes e Mayara Gabrielly, gratidão por sempre estarem disponíveis e dispostos a ajudar e apoiar quando era preciso e necessário. Acreditem, vocês foram essenciais!

Ao técnico dos laboratórios de Nutrição do CES-UFCG, Carlos, por toda a disponibilidade, atenção, paciência, dedicação, e por sempre transmitir calma e ter alguma solução quando faltava algo, quando algum equipamento parava de funcionar e em todos os momentos em que eu precisei. Obrigada, meu amigo!

À Cecília, técnica do laboratório de Técnica dietética da UFPB, *Campus* de João Pessoa – PB, que foi sempre tão solícita e atenciosa e sempre se prontificou a ajudar quando precisei, minha gratidão.

À Patrícia, também técnica do laboratório de Técnica dietética da UFPB, *Campus* de João pessoa – PB. Quando precisei de sua ajuda na reta final da minha pesquisa, ela mesmo recém-chegada esteve disposta a me ajudar com dedicação e carinho. Minha gratidão!

À UFPB, Centro de Tecnologia, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA, pela grande contribuição na minha formação profissional.

À UFCG, Centro de Educação e Saúde, *Campus* de Cuité – PB, onde concluí minha graduação, fiz parte do experimento do mestrado e doutorado, deixo minha gratidão a direção de Centro e em especial à coordenação dos laboratórios de Nutrição, que me permitiram realizar importantes análises fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

À UFCG *Campus* de Campina Grande – PB, em especial à coordenação dos Laboratórios de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, que me possibilitaram a realização de outras importantes análises para compor esta pesquisa.

Aos funcionários e técnicos da UFCG e da UFPB, que sempre me recebiam com um sorriso no rosto e uma palavra amiga.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realizazação deste experimento, meu muito obrigada!

Leve na sua memória para o resto de sua vida, as coisas boas que surgiram no meio das dificuldades. Elas serão uma prova de sua capacidade em vencer as provas e lhe darão confiança na presença divina, que nos auxilia em qualquer situação, em qualquer tempo, diante de qualquer obstáculo.

Chico Xavier

RESUMO

Os alimentos funcionais estão evidenciados cada vez mais no mercado brasileiro, havendo procura de produtos que atendam a demanda do consumidor. O desenvolvimento de produtos a partir do leite caprino, adicionados a componentes naturais com compostos bioativos, e ainda de microrganismos com potencial probiótico como o *Limosiactobacillus mucosae* CNPC007 demonstra-se como uma alternativa viável. O morango e a acerola, por serem frutas ricas em nutrientes e compostos bioativos com atividade biológica positiva, apresenta-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de produtos funcionais. Diante do exposto o objetivo deste pesquisa foi elaborar e caracterizar os aspectos tecnológicos e de qualidade, bem como o potencial funcional de iogurte caprino tipo grego potencialmente probiótico produzido com cultura adjunta autóctone *Limosilactobacillus mucosae* CNP007 adicionado de diferentes concentrações de geleia mista de acerola e morango. Os iogurtes foram elaborados a partir de uma metodologia padronizada em laboratório. Foram elaboradas 6 formulações de iogurtes os mesmos foram avaliados nos tempos 1, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento refrigerado (4 ±1 °C), quanto as suas características tecnológicas, físicas e físico-químicas, reológicas e microbiológicas (viabilidade); a determinação do perfil químico foi realizada nos tempos 1, 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado, as analises sensoriais de intenção de compra e aceitação foram realizadas no tempo 1 e 28, CATA e escala JAR no tempo 1 e o efeito protetor da matriz alimentar sobre a sobrevivência das bactérias láticas em condições simuladas do trato gastrointestinal (TGI) foi realizado após 7 dias de armazenamento refrigerado. A adição da cepa probiótica reduziu os teores de proteína e aumentou a proteólise. Contudo, a viscosidade e a textura melhoraram significativamente. A textura mais cremosa e viscosa das amostras adicionadas da cultura probiótica pode ser explicada pelos efeitos dos exopolissacarídeos produzidos pela cepa. A adição de geleia nas formulações contendo *L. mucosae* aumentou o poder antioxidante e reduziu a viscosidade do iogurte. A redução da viscosidade provavelmente ocorreu devido à quebra da rede proteica pelas enzimas das frutas. No entanto, o sabor, o aroma, a cor e a aceitação global do iogurte foram beneficiados pela presença de geleia, resultando em maior intenção de compra. Tanto a adição de geleia quanto de *L. mucosae* se mostrou benéfica para melhorar as características de sabor, impactando positivamente na intenção de compra. A matriz alimentar atuou como protetora da cepa *L. mucosae*, independentemente da adição de geleia, permitindo a chegada ao íleo em contagens viáveis para desempenhar sua função probiótica (> 7 log UFC/g). Portanto, o iogurte caprino desenvolvido apresenta potencial para investimento na indústria de produtos lácteos. O aroma e o sabor típicos de leite caprino, que são geralmente rejeitados pelo consumidor, foram beneficiados significativamente tanto pela geleia quanto pelos *L. mucosae* o que indica que os iogurtes probióticos adicionados de geleia mista tem potencial de mercado e são excelentes opções de alimentos aceitos pelo consumidor.

Palavras-chave: Alimentos funcionais. Análise sensorial. Leite de cabra. Produtos lácteos.

ABSTRACT

Functional foods are increasingly evident in the Brazilian market, with a demand for products that meet consumer demand. The development of products from goat's milk, added to natural components with bioactive compounds, and even microorganisms with probiotic potential such as *Limolactobacillus mucosae C*NPC007 is shown to be a viable alternative. Strawberry and acerola, as they are very rich in nutrients and with chemical components that have relevant biological activities, are a promising alternative for the development of functional products. Given the above, the objective of this research was to elaborate and characterize the technological and quality aspects, as well as the functional potential of potentially probiotic Greek-type goat yogurt produced with autochthonous adjunct culture *Limosilactobacillus mucosae* CNP007 added to different concentrations of mixed acerola and strawberry jelly. The yoghurts were prepared using a standardized laboratory methodology. Six yoghurt formulations were prepared and evaluated at times 1, 7, 14, 21 and 28 days of refrigerated storage (4 ± 1 °C), regarding their technological, physical and physicochemical, rheological and microbiological characteristics (viability); the determination of the chemical profile was carried out at times 1, 14 and 28 days of refrigerated storage, sensory analyzes of purchase intention and acceptance were carried out at times 1 and 28, CATA and JAR scale at time 1 and the protective effect of the food matrix on the survival of lactic acid bacteria under simulated conditions of the gastrointestinal tract (TGI) was done after 7 days of refrigerated storage. The addition of the probiotic strain reduced protein levels and increased proteolysis. However, viscosity and texture significantly improved. The creamier and more viscous texture of the samples added from the probiotic culture can be explained by the effects of the exopolysaccharides produced by the strain. The addition of jelly to formulations containing *L. mucosae* increased the antioxidant power and reduced the viscosity of yogurt. The reduction in viscosity was probably due to the breakdown of the protein network by fruit enzymes. However, the flavor, aroma, color and global acceptance of the yogurt benefited from the presence of jam, resulting in greater purchase intent. Both the addition of jelly and *L. mucosae* proved to be beneficial to mask the strong taste of goat milk, positively impacting purchase intent. The food matrix acted as a protector of the L. mucosae strain, regardless of the addition of jelly, allowing it to reach the ileum at viable counts to perform its probiotic function (> 7 log CFU/g). Therefore, the developed goat yogurt has potential for investment in the dairy industry. The typical aroma and taste of goat milk, which are generally rejected by the consumer, were significantly benefited by both the jelly and *L. mucosae*, indicating that probiotic yoghurts added with mixed jelly have market potential and are excellent accepted food options by the consumer.

Keywords: Functional foods. Sensory analysis. Goat milk. Dairy products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Número de rebanho de caprinos e ovinos por região brasileira entre 2006 e 2017.....23
Figura 2 - Exemplos de frutos brasileiros de alto valor nutricional com potencial comercial inexplorado: (a) acerola, (b) feijoa, (c) araçá, (d) cambuci, (e) fisális e (f) camu -camu.....30
Figura 3 - *Malpighia emarginata*: (A) acerola e (B) aceroleira.....31
Figura 4 - *Fragaria vesca:* (A) frutos e (B) pés de morango.....32
Figura 5 - Fluxograma de produção das geleias.....41
Figura 6 - Geleia mista de morango e acerola.....41
Figura 7 - Etapas de (A) pasteurização do leite, (B) dessoramento do iogurte (C) Armazenamento do iogurte.....43
Figura 8 - Fluxograma de processamento do iogurte grego caprino com potencial probiótico adicionado de geleia mista de acerola e morango.....44
Figura 9 - Delineamento experimental da elaboração do iogurte caprino.....45
Figura 10 - Representação esquemática da adição das substâncias de cada etapa nas amostras que foram submetidas às condições gastrointestinais simuladas.....54
Figura 11 – Ilustração representativa dos testes sensoriais realizados.....56

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 1

Figura 1 – Viscosidade aparente (mPa.s) das geleias de acerola, morango e mista em diferentes temperaturas..... 80

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 2

Figure 1 - Acidity in lactic acid (g/100 g), pH, and total sugars (g/100 g) of CY (×) and PY (×) over storage..... 110
Figure 2 - Syneresis (%), water retention capacity (WRC) (%), and proteolysis (DPI and EPI) (%) of CY (×) and PY (×) over storage..... 111
Figure 3 - Viability of lactic acid bacteria in CY (×) and PY (×) over storage..... 112
Figure 4 - Viable cell counts of *Lactobacillus mucosae* CNPC007 in Greek-style goat yogurt when exposed (×) and not exposed (×) to simulated digestion..... 113

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 3

Figure 1 - Syneresis (%), water retention capacity (WRC) (%), proteolysis (DPI and EPI), and apparent viscosity (mPa.s) (%) of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage..... 146
Figure 2 - Color parameters of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage..... 147
Figure 3 - pH, acidity in lactic acid (g/100 g), and total sugars (g/100 g) of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage..... 148
Figure 4 - Viability (log CFU/g) of lactic acid bacteria in CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage.....149
Figure 5 - Viable cell counts (log CFU/g) of L. mucosae CNPC007 inoculated in PY, PY10 e PY15 when exposed (■, ▼, ●) or not exposed (×, ×, ×), respectively, to the simulated gastrointestinal conditions over different incubation times. The pH values that the bacteria were exposed to are indicated in the upper left corner.....150

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 4

Figura 1 – Gráfico radar para os atributos sensoriais das seis formulações de iogurte segundo 100 provadores: (a) sabor, (b) coloração, (c) aroma e (d) textura..... 172
Figura 2 – Análise de correspondência CATA para os atributos sensoriais das seis formulações de iogurte segundo 100 provadores: (a) aroma, (b) coloração, (c) sabor e (d) textura..... 173
Figura 3 – Análise de correspondência segundo o método JAR para todos os atributos versus cada amostra..... 176

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produto Interno Bruto (PIB) per capita por unidade geográfica de 2012 a 2016…..21
Tabela 2 – Composição comparativa do leite de diferentes espécies.....24
Tabela 3 – Formulação de geleia mista para adição em iogurte caprino probiótico tipo grego.....40
Tabela 4 – Quantidades utilizadas de culturas e de geleia mista para o iogurte grego caprino com potencial probiótico.....43
Tabela 5 – Condições de processamento utilizadas em cada etapa de digestão simulada 52

LISTA DE TABELAS ARTIGO 1

Tabela 1 – Formulação das geleias de frutas tropicais.....76
Tabela 2 – Propriedades tecnológicas e físicas das geleias de frutas tropicais.....79
Tabela 3 – Propriedades físico-químicas das geleias de frutas tropicais.....81
Tabela 4 – Propriedades antioxidantes das geleias de frutas tropicais.....81
Tabela 5 – Aceitação sensorial e intenção de compra das geleias.....82

LISTA DE TABELAS ARTIGO 2

Table 1 – Yogurt formulations.....114
Table 2 – Processing conditions used in simulated digestion.....115
Table 3 – Goat milk's physicochemical properties.....116
Table 4 – Apparent viscosity (mPa.s) of yogurt over storage.....117
Table 5 – Total phenolic content and antioxidant properties of yogurt over storage.....118
Table 6 – Sensory acceptance of yogurts at beginning and end of storage (n=100).....119

LISTA DE TABELAS ARTIGO 3

Table 1 – Processing conditions used in simulated digestion.....151
Tabela 2 – Características físico-químicas das formulações de iogurte caprino tipo grego ao longo do armazenamento refrigerado.....152
Tabela 3 – Perfil de açucares e ácidos orgânicos das formulações de iogurte caprino tipo grego ao longo do armazenamento refrigerado.....153
Tabela 4 – Propriedades antioxidantes das formulações de iogurte caprino tipo grego ao longo do armazenamento refrigerado.....154
Tabela 5 – Perfil de compostos fenólicos de iogurte caprino tipo grego ao longo do armazenamento refrigerado.....155
Table S1 – Quantities of ingredients used in the production of mixed strawberry and acerola jelly.....157
Table S2 – Formulations of Greek-style goat yoghurt.....158

LISTA DE TABELAS ARTIGO 4

Tabela 1 – Formulação da geleia de frutas tropicais.....162
Tabela 2 – Dados sociodemográficos dos consumidores.....167
Tabela 3 – Perfil dos atributos das amostras segundo o método CATA (600 avaliações)....168
Tabela 4 – Perfil dos atributos das amostras segundo o método JAR (600 avaliações).....169
Tabela 5 – Teste Friedman segundo o formulário JAR.....175
Tabela 6 – Aceitação sensorial dos iogurtes durante o armazenamento, de acordo com provadores.....177
Tabela 7 – Intenção de compra dos iogurtes ao início e fim do período de armazenamento, de acordo com 100 provadores.....178

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 19
2 REVISÃO DA LITERATURA 21
2.1 A CAPRINOCULTURA LEITEIRA, O LEITE DE CABRA E SEU POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL 21
2.2 FRUTAS TROPICAIS E SEU POTENCIAL PARA ELABORAÇÃO DE GELEIAS 29
2.2.1 Acerola Malpighia emarginata 30
2.2.2 Morango (Fragaria vesca) 32
2.3 GELEIAS DE FRUTAS 33
2.4 IOGURTE TIPO GREGO 34
2.5 PROBIÓTICOS 35
2.5.1 Lactobacillus mucosae 37
2.6 DIFERENCIAL DESTA PESQUISA 38
3 MATERIAL E MÉTODOS 39
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E LOCAL DE EXECUÇÃO 39
3.2 ELABORAÇÃO DAS GELEIAS 39
3.3 PREPARO DO INÓCULO DE *L. MUCOSAE* E ELABORAÇÃO DO IOGURTE GREGO CAPRINO 41
3.4 CONTROLE DE QUALIDADE DO LEITE CAPRINO 46
3.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA GELEIA E DO IOGURTE GREGO CAPRINO DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO 46
3.5.1 Análises tecnológicas 46
3.5.2 Análises físicas e físico-químicas 47
3.5.3 Avaliação da qualidade higiênico-sanitária e da viabilidade das bactérias láticas 48
3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA 48
3.6.1 Preparação do extrato da geleia e iogurte para análise de compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes 48
3.6.2 Determinação dos compostos fenólicos totais 49
3.6.3 Determinação do perfil de fenólicos 49
3.6.4 Atividade antioxidante pelo método do radical ABTS 50
3.6.5 Atividade antioxidante pelo método da capacidade redutora de ferro – FRAP 50
3.6.6 Perfil dos açúcares e ácidos orgânicos 51
3.7 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DA BACTÉRIA PROBIÓTICA EM CONDIÇÕES GASTROINTESTINAIS SIMULADAS 52

3.7.1 Inoculação das matrizes de leites fermentados 52
3.7.2 Simulação das condições gastrointestinais 52
3.8 ANÁLISE SENSORIAL 54
3.8.1 Análise sensorial das geleias 55
3.8.2 Análise sensorial dos iogurtes 55
3.8.2.1 Aceitação em escala hedônica (impressão global) e intenção de compra 56
3.8.2.2 Escala Just About Right (JAR) 57
3.8.2.3 Check All That Apply (CATA) 57
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA 57
REFERÊNCIAS 60
4 RESULTADOS 73
4.1 ARTIGO 1 75
4.2 ARTIGO 2 86
4.3 ARTIGO 3 121
4.4 ARTIGO 4 160
APÊNDICE A1 - DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS DOS CONSUMIDORES 186
APÊNDICE A2 - PREFERÊNCIAS PESSOAIS DOS CONSUMIDORES EM RELAÇÃO AO LEITE CAPRINO 188
APÊNDICE A3 - AVALIAÇÃO DE CADA ATRIBUTO POR AMOSTRA E RESULTADO DO TESTE DE COCHRAN PARA O QUESTIONÁRIO CATA 189
APÊNDICE A4 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO OPACA POR AMOSTRA 190
APÊNDICE A5 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO BRILHANTE POR AMOSTRA 191
APÊNDICE A6 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO BRANCA POR AMOSTRA 192
APÊNDICE A7 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO ROSA POR AMOSTRA 193
APÊNDICE A8 – PERCEPÇÃO DO AROMA DE LEITE CAPRINO, POR AMOSTRA 194
APÊNDICE A9 – PERCEPÇÃO DO AROMA DE MORANGO E ACEROLA, POR AMOSTRA 195
APÊNDICE A10 – PERCEPÇÃO DE AROMA DESAGRADÁVEL, POR AMOSTRA 196
APÊNDICE A11 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA MACIA, POR AMOSTRA 197
APÊNDICE A12 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA VISCOSA, POR AMOSTRA 198
APÊNDICE A13 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA CREMOSA, POR AMOSTRA 199

APÊNDICE A14 – PERCEPÇÃO DE SABOR DESAGRADÁVEL, POR AMOSTRA 200
APÊNDICE A15 – PERCEPÇÃO DE SABOR ÁCIDO, POR AMOSTRA 201
APÊNDICE A16 – PERCEPÇÃO DE SABOR DE LEITE INTENSO, POR AMOSTRA 202
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 203
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO 205
APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL – TESTES DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA 208
APÊNDICE E – ESCALA JAR 209
APÊNDICE F – *CHECK ALL THAT APPLY* (CATA) 211
ANEXO A – COMPROVANTE DE DEPÓSITO DA PATENTE 212
ANEXO B- COMPROVANTE COMITÊ DE ÉTICA 215

1 INTRODUÇÃO

A demanda de alimentos funcionais probióticos está crescendo rapidamente devido ao aumento da conscientização dos consumidores sobre o impacto dos alimentos na saúde. Alimentos funcionais são a tendência do futuro, uma vez que nossa ciência atual permite a fabricação de produtos processados com benefícios à saúde além dos alimentos originais, que atendem à demanda dos consumidores modernos. (GUIMARÃES et al 2020). Dentre os alimentos funcionais destaca-se o grupo de probióticos que tem recebido grande atenção dos pesquisadores.

Probióticos e seus benefícios associados a saúde, surgiram como uma área de crescente interesse nas últimas décadas. Os probióticos conferem seus efeitos benéficos à saúde por diferentes mecanismos de ação, como prevenção da adesão ou colonização de patógenos, produção de metabólitos e modulação do sistema imunológico pela produção de anticorpos e de imunoglobulinas. Os probióticos mais frequentemente utilizados pertencem aos gêneros *Bifidobacterium e Lactobacillus*. O gênero *Limosilactobacillus* possui várias espécies potencialmente probióticas, dentre as quais *Lactobacillus mucosae*, nome proposto pela primeira vez em 2000 (ROOS; KARNER; AXELSSON; JONSSON, 2000). O *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 foi isolado do leite de cabra por um grupo de pesquisadores, possui um conjunto de propriedades probióticas e tecnológicas verificadas por testes *in vitro*, e é considerado promissor para aplicação em derivados lácteos funcionais (MORAES et al., 2017). Moraes et al., 2018 elaboraram um queijo de cabra com a adição desta cepa e identificaram que população de *Limosilactobacillus mucosae* no queijo foi superior a 10^8 UFC g^{-1} durante todo o período estudado, demonstrando a adequação da cultura liofilizada de *Lb. mucosae* CNPC007 para a produção de um novo queijo de cabra potencialmente probiótico.

O leite de cabra oferece compostos promotores de saúde, como peptídeos bioativos, ácidos linoléicos conjugados e oligossacarídeos (ABEIJÓN MUKDSI; HARO; GONZÁLEZ; MEDINA, 2013; ASSIS et al., 2016; SALVA et al., 2011). Essas propriedades também auxiliam no processamento e comercialização de produtos lácteos de cabra (PARK; JUÁREZ; RAMOS; HAENLEIN, 2007). O leite de cabra pode ser usado para produzir uma ampla variedade de produtos, como bebidas, produtos fermentados (queijo, soro de leite coalhado, iogurte, frozen iogurte, sorvete, manteiga, produtos condensados, secos e doces (ARYANA; OLSON, 2017; FAZILAH; et al., 2018; KALYANKAR; KHEDKAR; PATIL, 2016). O leite

de cabra também é uma excelente matriz para o desenvolvimento de uma grande variedade de produtos inovadores que promovem a saúde e de alimentos funcionais (SILANIKOVE et al., 2010).

Dentre os produtos derivados lácteos, o iogurte oferece ao consumidor mais do que ingredientes convencionais (POSECION; et al, 2005). Trata-se de um produto lácteo fermentado que transporta bactérias viáveis com efeitos de promoção da saúde (MORELLI, 2014), sendo conhecido por suas propriedades terapêutica, nutricional e sensorial (GONZALEZ; ADHIKARI; SANCHO-MADRIZ, 2011). Além disso, é uma matriz adequada para a inclusão de diversos ingredientes, como frutas cristalizadas, mel e geleias, que são bem aceitos pelos consumidores (GARCÍA; ROVIRA; BOUTOIAL; LÓPEZ, 2014).

Portanto, uma forma de apoderar pequenos e grandes produtores de leite caprino e de frutas nativas do Norte e Nordeste do país é unir o crescente interesse do consumidor por leite de cabra e seus derivados lácteos com as geleias de frutas. Frutas e seus produtos não apenas contribuem para o aumento do potencial antioxidante dos derivados lácteos caprinos, como mascaram o sabor e o odor característicos do leite de cabra, favorecendo a aceitação desses produtos pelos consumidores (RANADHEERA; EVANS; ADAMS; BAINES, 2012). A acerola, por exemplo, é uma fruta tropical de alto valor nutricional, com potencial para o desenvolvimento de novos produtos. Essa fruta é bastante conhecida por seu elevado teor de vitaminas C e A, contém tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais e excelentes propriedades bioativas (OLIVEIRA et al.; 2003; MEZADRI et al.; 2008). Morangos, por sua vez, estão entre as frutas mais consumidas no mundo, sendo rico em compostos bioativos, como vitamina C, β-caroteno e compostos fenólicos (ARIZA, et al 2016). Diversos estudos demonstraram que o morango possui importantes atividades biológicas, como antioxidante, anti-inflamatória e atividades anti-hipertensivas (GIAMPIERI; ALVAREZ-SUAREZ; BATTINO, 2015).

Neste estudo, os benefícios nutricionais, tecnológicos e o potencial probiótico de *L. mucosae* CNP007, foram investigados em iogurte caprino tipo grego adicionado de geleia mista de acerola e morango). Para tanto, foram analisados os efeitos da adição de *L. mucosae* CNP007 e das geleias nas características tecnológicas, físico-químicas, químicas, funcionais, microbiológicas e sensoriais do iogurte caprino durante 28 dias de armazenamento refrigerado. Também foi investigado o possível efeito protetor do iogurte caprino sobre a sobrevivência da bactéria autóctone *L. mucosae* CNP007 durante o processamento, armazenamento e sob condições simuladas do trato gastrointestinal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A CAPRINOCULTURA LEITEIRA, O LEITE DE CABRA E SEU POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL

O Brasil é caracterizado por diferenças socioeconômicas significativas entre estados e regiões, com a região Nordeste apresentando renda *per capita* consideravelmente mais baixa do que a média brasileira. O PIB *per capita* é um índice que representa de que forma a riqueza gerada está sendo distribuída entre a população residente em uma região. O estado da Paraíba apresenta renda *per capita* ainda menor do que a média da região Nordeste (Tabela 1). O aproveitamento dos recursos naturais desta região, portanto, é uma medida promissora para o desenvolvimento socioeconômico do Nordeste do país.

Tabela 1 – Produto Interno Bruto (PIB) per capita por unidade geográfica de 2012 a 2016.

Unidade geográfica	PIB *per capita* (R$)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil	24.821	26.517	28.500	29.322	30.411
Nordeste	12.115	12.986	14.329	15.002	15.779
Paraíba	11.137	11.848	13.422	14.133	14.774

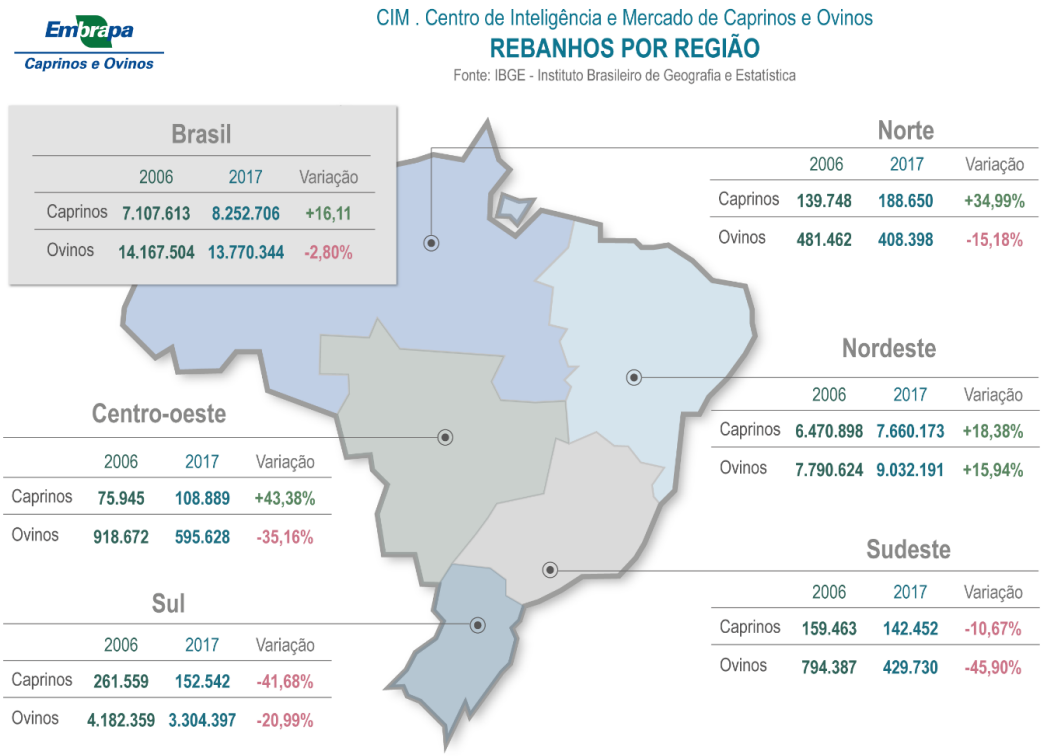
Fonte: Banco do Nordeste (2016).

Dentre as várias funções desempenhadas pelos nutricionistas estão o desenvolvimento de formulações de alimentos que atendam às necessidades nutricionais da população e a educação alimentar (CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS, 2018). Importantes benefícios socioeconômicos (como a melhora da saúde da população, o aumento da renda *per capita* e familiar e a geração de empregos) podem ser alcançados por meio do desenvolvimento de produtos baseados em matérias-primas locais e de programas de educação alimentar acerca das propriedades nutricionais e benefícios à saúde relacionados ao seu consumo. Este trabalho explora o potencial nutricional de dois alimentos abundantes nesta região, o leite de cabra e a acerola, além do morango, uma fruta produzida em outras regiões do país, no desenvolvimento de um iogurte tipo grego com potencial probiótico.

A caprinocultura no Nordeste brasileiro é uma atividade de extrema importância, seja no contexto econômico, pela geração de fonte de renda para pequenos produtores, ou no sociocultural, pela fixação do homem no campo e perpetuação da atividade produtiva para as próximas gerações, representando hoje 8,2% do efetivo produtivo do país (Batista e Souza, 2015). Na Figura 1 é demonstrado que a região Nordeste possui o maior número de rebanhos do que qualquer outra região do país. Apesar do aumento de 18% no tamanho do rebanho caprino na região entre 2006 e 2017, ocorreu uma redução do número de estabelecimentos que produzem leite de cabra, de 18 mil para 15,7 mil propriedades, no mesmo período. No entanto, a melhoria no nível tecnológico das propriedades produtoras de leite resultou no aumento da produtividade média entre 2006 e 2017, de 231,2 litros de leite/cabra/ano para 237,9 litros/cabra/ano, com um aumento nominal de 76% no preço nominal do litro de leite (EMBRAPA, 2018).

Devido à irregularidade pluviométrica regional e à falta de informações de como promover a conservação de alimentos para os animais durante o período de estiagem, é gerada uma perda no rebanho e, portanto, na produtividade de leite caprino, no caso de pequenos produtores (BATISTA; SOUZA, 2015). Portanto, a elaboração de produtos lácteos com vida-de-prateleira estendida é uma alternativa para compensar as perdas atribuídas à sazonalidade da caprinocultura na região.

Figura 1 - Número de rebanhos de caprinos e ovinos por região brasileira entre 2006 e 2017.



Fonte: Embrapa (2018).

Apesar de o Brasil ser reconhecidamente um país rico em matérias primas de origem animal e vegetal de alto valor nutricional, as fontes alimentares nativas não são exploradas ao máximo. Segundo um relatório do Banco do Nordeste (2016) sobre os perfis socioeconômicos da Paraíba, a produção de leite de cabra está muito aquém da capacidade produtiva do estado e da região Nordeste, considerando que caprinos são dóceis e de fácil manejo, que as condições climáticas são favoráveis (2/3 de área tropical) e que a caprinocultura se confunde com a própria paisagem do ecossistema semiárido.

O leite caprino tem sido muito estudado devido ao seu potencial funcional, por apresentar naturalmente em sua composição oligossacarídeos, ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos graxos de cadeia curta, além de vitamina A, vitaminas do complexo B e cálcio. As características nutricionais e terapêuticas únicas do leite de cabra são superiores quando comparadas ao leite bovino, sendo menos alergênico e de mais fácil digestão (HAENLEIN; ANKE, 2011). O conteúdo proteico deste alimento ganha cada vez mais atenção em estudos científicos, especialmente porque seus peptídeos bioativos são liberados a partir da quebra proteica no processo digestivo. Especificamente, o interesse em bioativos do leite de cabra está

sendo intensificado devido à sua reduzida alergenicidade em relação ao leite bovino (AHMED; EL-BASSIONY; ELMALT; IBRAHIM, 2015). A diferença essencial deste leite não está no conteúdo de lactose reduzido em relação ao leite bovino. Apesar de o conteúdo de lactose ser menor no leite caprino (4.08%) do que no leite bovino (4.78%) (Tabela 2), o menor teor de lactose não pode ser considerado uma solução alimentar para pessoas que sofrem de intolerância à lactose (SILANIKOVE, LEITNER, MERIN; PROSSER, 2010). A variação da composição do leite de mamíferos é altamente sazonal. Os principais constituintes apresentam valor elevado no início da lactação, diminuindo rapidamente e permanecendo baixos durante um período de tempo variável, voltando a aumentar no final da lactação. Porém, os teores de lactose se mantêm independentemente do estágio de lactação (YANGILAR, 2013). A porcentagem de caseína também não difere muito: 2,47% no leite de cabra versus 2,65% no leite de vaca (Tabela 2). O diferencial se baseia na verdade na estrutura, composição e tamanho nas micelas de caseína, além da proporção de frações individuais de proteínas e elevado teor de compostos não nitrogenados e minerais (KÜCÜKCETIN; DEMIR; ASCI; COMAK, 2011). Frações de caseína e de β-lactoglobulina são os alergênicos mais comuns em leite de vaca. O leite caprino não apresenta a caseína α-s1 em sua composição, que é a principal caseína em leite bovino. Enquanto isso, a caseína α-s2 é típica de muitas raças caprinas (EL-AGAMY, 2007).

Tabela 2 - Composição comparativa do leite de diferentes espécies.

Componente	**Caprino**	**Bovino**
Gorduras (%)	3,80	3,67
Sólidos não gordurosos (%)	8,68	9,02
Lactose (%)	4,08	4,78
Proteína (%)	2,90	3,23
Caseína (%)	2,47	2,63
Proteína do soro do leite (%)	0,43	0,60
Cinzas totais (%)	0,79	0,73
Cálcio (%)	0,194	0,184
Fósforo (%)	0,270	0,235
Cloro (%)	0,154	0,105
Vitamina A (UI g^{-1} gordura)	39	21
Vitamina B1(mg 100 mL	68	45
Vitamina B12 (mg 100 mL)	210	159

Vitamina C (mg 100 mL)	20	2
Vitamina D (UI g gordura)	0,7	0,7
Energia (kcal 100 mL)	70,0	69,0

UI = unidade internacional.

Fonte: Jandal (1996).

O setor mundial de laticínios voltados para leite caprinos concorre com leite e derivados de outras espécies, como bovinos e, em menor escala, com ovinos e bubalinos. Os produtos lácteos de origem caprina atendem um determinado público do mercado, e sua viabilidade depende da quantidade, regularidade e escala de produção, geralmente pequenas, bem como o sistema de produção animal e custo de produção (HAENLEIN, 2011). O leite de cabra desempenha um papel importante na nutrição e no bem-estar socioeconômico nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, fazendo parte da nutrição básica e de subsistência de populações rurais. Por outro lado, os derivados lácteos caprinos fazem parte de um ramo da indústria de laticínios composta por mercado consumidor com gostos sofisticados (PARK, 2012) e de poder aquisitivo mais elevado. Este alimento é conhecido como sendo completo para a nutrição humana, sendo rico em proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais, assim como vitaminas e minerais (MACEDO JUNIOR; FERREIRA; PEREIRA; RODRIGUES; ANDRADE; GONÇALVES, 2015). Este leite contém oligossacarídeos com estrutura semelhante ao leite humano, o que sugere que os oligossacarídeos do leite caprino (OLC) poderiam imitar os efeitos fisiológicos benéficos descritos para os encontrados no leite humano administrado em crianças (THUM; COOKSON; MCNABB; ROY; OTTER, 2015). O leite caprino fornece ácidos graxos de cadeia média de alta qualidade, além de possuir proteínas mais absorvíveis em comparação com o leite de vaca (OLALLA; RUIZ-LÓPEZ; NAVARRO; ARTACHO; CABRERA; GIMÉNEZ; RODRIGUEZ; MINGORANCE, 2009). Em um estudo do potencial bioativo dos peptídeos do leite de cabra, Ahmed, El-Bassiony, Elmalt e Ibrahim (2015) concluíram que a digestão com pepsina gera vários peptídeos solúveis de frações de proteínas com notável capacidade de varrer os radicais superóxido, proporcionando uma oportunidade fascinante para a candidatura dos peptídeos presentes no leite como grandes portadores de potencial antioxidante. A partir do leite caprino podem ser obtidos produtos como queijos, bebidas lácteas e diferentes tipos de leites fermentados, utilizando-se de processos simples e acessíveis aos pequenos produtores. Estes produtos derivados são uma alternativa para o aumento do consumo de produtos de origem caprina (SANTOS; OLIVEIRA; SOUSA; MADUREIRA; PINTADO; GOMES; SOUZA; QUEIROGA, 2011).

Os benefícios do leite de cabra podem ser aumentados por meio do uso do leite como um veículo para o desenvolvimento de probióticos (RANADHEERA; EVANS; ADAMS; BAINES, 2012), que podem ser definidos como microorganismos vivos que, quando consumidos em quantidades suficientes, possuem ação benéfica na saúde humana (FAO/WHO, 2002), promovendo o balanço de sua microbiota intestinal (VIZZOTTO; KROLOW; TEIXEIRA, 2010). Um produto com a capacidade de satisfazer a demanda dos consumidores em termos de saúde, valor nutricional, segurança e prazer, com relação aos seus atributos sensoriais, depende do potencial do leite caprino para tolerar diferentes tratamentos tecnológicos sem se modificar. Para tanto, novos métodos são desenvolvidos para aumentar a qualidade do leite de cabra, tal como a introdução de subprodutos de plantas na dieta dos animais e o desenvolvimento de novos sensores para controle de qualidade. Além disso, o desenvolvimento de novos produtos de valor acrescentado tem levado ao aumento do interesse em estudos específicos voltados para as formas adequadas de aumentar a qualidade do leite de cabra (GARCÍA; ROVIRA; BOUTOIAL; LÓPEZ, 2014).

Os estudos sobre desenvolvimento de produtos a partir de leite de cabra abordam a influência da ração na fração gordurosa excretada no leite (TORAL et al., 2015), o desenvolvimento de produtos fermentados com a adição de frutas (QUEIROGA; SOUSA; DA OLIVEIRA; DE SOUSA; HOLTZ, 2011; ARAÚJO; FERREIRA; SOUZA; BASTOS; FERREIRA, 2012; GOMES; DUARTE; BATISTA; DE FIGUEIREDO; DE SOUSA; DE SOUZA; QUEIROGA, 2013), a associação a outros leites, como o de búfala, na produção de derivados lácteos (BEZERRA; SOUZA; CORREIA, 2012) e o estudo dos fatores limitantes e ações de mitigação da caprinocultura (BATISTA; SOUZA, 2015). Todos estes estudos compartilham um objetivo comum, aprimorar a matriz alimentar e a qualidade dos produtos lácteos, aumentando o seu consumo.

Embora o leite de vaca e o leite de cabra possuam composição centesimal semelhante, em termos de micronutrientes, existem diferenças quanto às suas características físico-químicas, o que por consequência influencia as características do derivado lácteo final. Cor mais esbranquiçada, menor sinerese e sabor e odor mais fortes são características comuns de derivados do leite de cabra. Vargas, Cháfer, Albors, Chiralt e González-Martínez (2008) produziram cinco formulações de iogurte contendo diferentes proporções de leite bovino e leite caprino. As amostras foram analisadas durante o armazenamento a 4^{o}C com relação ao pH, propriedades mecânicas, sinerese, cor e aceitabilidade sensorial. A adição de leite de cabra nas formulações resultou em pequenas alterações de pH, cor mais branca, menor grau de sinerese e uma redução significativa na firmeza e consistência do gel durante o armazenamento

refrigerado. As características físico-químicas foram correlacionadas com a microestrutura do gel dos iogurtes. A avaliação sensorial mostrou que o leite de cabra favoreceu as formulações em termos de sinerese reduzida e cor branca mais atraente, porém resultou em maior formação de grumos e sabor mais forte. Quanto maior a proporção de leite de cabra na formulação, maiores foram as diferenças sensoriais com relação ao iogurte 100% bovino. As amostras com 50% de leite caprino e 50% de leite bovino foram as que receberam a maior pontuação sensorial.

O sabor e odor fortes do leite caprino são atribuídos a ácidos graxos de cadeia média, como os ácidos caproico, caprílico e cáprico (GOMES; DUARTE; BATISTA; DE FIGUEIREDO; DE SOUSA; DE SOUZA; QUEIROGA, 2013).

Considerando que o sabor e o odor característicos do leite de cabra nem sempre são bem aceitos pelo consumidor, vários pesquisadores testaram a adição de derivados de frutas e mel no intuito de melhorar a aceitação sensorial de iogurtes caprinos. Ranadheera, Evans, Adams e Baines (2012) demonstraram que a adição de suco de frutas em iogurte de leite de cabra exerceu um impacto positivo na aceitabilidade sensorial do produto, além de aumentar a viabilidade da cepa probiótica *L. acidophilus* LA-5 durante o armazenamento refrigerado a 4ºC por 4 semanas. Contudo, a adição de suco de frutas resultou também em um aumento na sinerese e uma redução na viscosidade e na capacidade de retenção de água dos iogurtes. Gomes, et al (2013) testaram a influência do leite de cabra e de leite de vaca nas características físico-químicas, reológicas e sensoriais de bebidas fermentadas. As bebidas foram preparadas utilizando a cultura láctica termofílica YF-L903, composta de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *LImosilactococcus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Em uma tentativa de minimizar o sabor e odor característicos do leite caprino, os autores também adicionaram geleia de goiaba às formulações. Todas as três formulações apresentaram aumento da acidez e redução da viscosidade durante o armazenamento a 7 ºC por 28 dias. A adição de leite de cabra e soro de leite de cabra reduziu o teor de lactose e o pH das bebidas. A formulação contendo os dois tipos de leite exibiu maior viscosidade e capacidade de retenção de água. Todas as formulações apresentaram pontuações sensoriais semelhantes, embora as bebidas contendo somente leite de vaca ou uma mistura dos dois leites tenham obtido maiores *scores* de intenção de compra. A incorporação de geleia de goiaba aumentou o valor nutricional das bebidas fermentadas e melhorou as características sensoriais devido à menor sinerese e maior viscosidade. De acordo com Gomes, et al (2013), o leite de cabra possui micelas de caseína maiores do que o leite de vaca, resultado em uma rede proteica com poros menores maior densidade e maior capacidade de retenção de água. Além disso, o maior conteúdo de cálcio do leite de cabra resulta em mais interações iônicas entre a caseína dentro da rede proteica, já que o cálcio tem alta capacidade

de retenção hídrica. A composição da geleia de goiaba, rica em pectina, também contribuiu para a maior viscosidade do leite fermentado. A pectina é adsorvida na superfície das micelas de caseína, promovendo estabilização através de interações eletrostáticas e repulsão,resultando em maior capacidade geleificante. Além disso, o licopeno presente na goiaba conferiu às bebidas uma cor mais atraente.

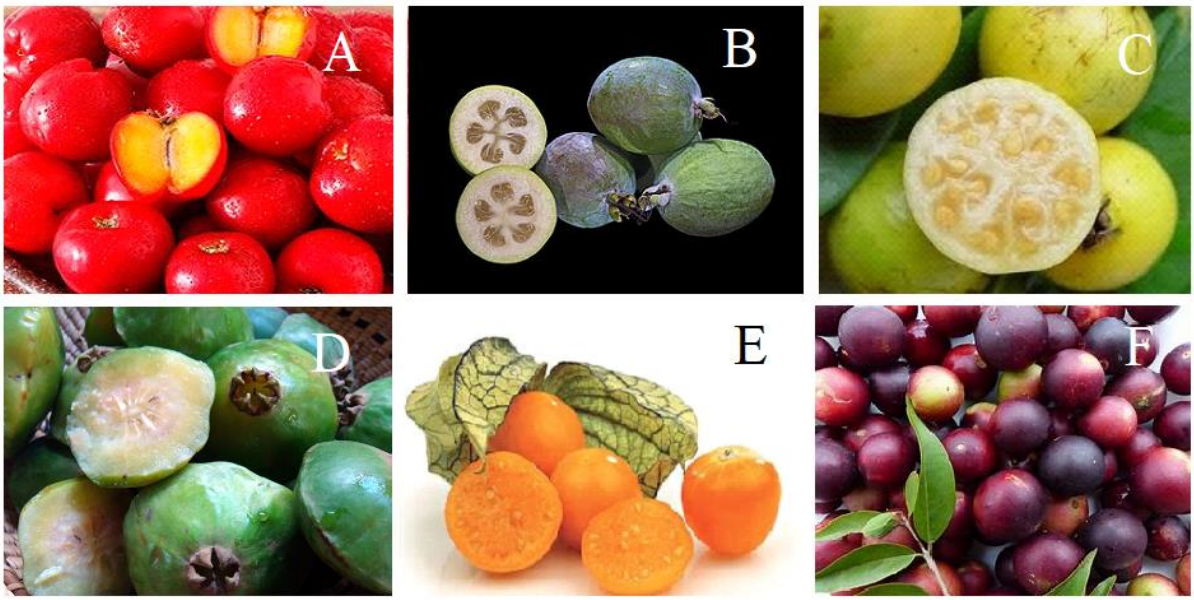
Do Espírito Santo, Perego, Converti e Oliveira (2012) produziram iogurtes probióticos de leite de cabra (integral e desnatado) e adicionaram casca de maracujá em pó (CMP) para melhorar sabor e odor. O leite foi fermentado por *Streptococcus thermophilus* e *Limosiactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (CY340) e por uma dentre as duas seguintes cepas probióticas: *Limisolactobacillus acidophilus* (L10 e NCFM) ou *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (Bl04 e HN019). Foi avaliado o efeito da adição de CMP na cinética de fermentação, na textura, na pós-acidificação e nas contagens microbianas durante 28 dias de armazenamento a 4 °C. A adição de CMP reduziu significativamente o tempo de fermentação pelas cepas *Lactobacillus acidophilus* L10, NCFM e *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* HN019, mas exerceu pouca influência nas contagens de *B. lactis* durante o armazenamento. As contagens de *B. lactis* foram 1 log CFU/mL mais altas no iogurte de leite integral ao fim dos 28 dias de análise. A acidez titulável foi significativamente mais alta nos iogurtes adicionados de CMP e mais alta nos iogurtes desnatados do que nos integrais. A CMP aumentou a firmeza, consistência e coesividade de todas as formulações, principalmente as desnatadas. Portanto, os autores concluíram que a casca de maracujá favorece grandemente as características tecnológicas e sensoriais do iogurte de cabra.

De Santis, Giacinti, Chemello e Frangipan (2019) utilizaram culturas de *Leuconostoc lactis* em combinação com culturas *starters* típicas de iogurte (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*) para melhorar as características sensoriais de iogurte caprino. A aceitabilidade sensorial do produto foi avaliada por 62 consumidores treinados por meio de uma escala hedônica de sete pontos. A adição de *L. lactis* à cultura *starter* resultou em notas aromáticas menos agressivas e maior aceitabilidade sensorial. Tais resultados são atribuídos ao metabolismo do microorganismo *L. lactis*, cuja baixa atividade lipolítica e produção de dextranos e diacetil reduzem os sabores azedo e salgado típicos do leite de cabra. Não foi observado nenhum efeito negativo nas contagens de *S. thermophilus* e *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* mediante a adição de *L. lactis*.

2.2 FRUTAS TROPICAIS E SEU POTENCIAL PARA ELABORAÇÃO DE GELEIAS

Muitas frutas de alto poder antioxidante típicas do território brasileiro, como a fisális ou camapu (*Physalis* L.) e a acerola (*Malpighia emarginata*) começam pouco a pouco a ganhar espaço no mercado nacional, mesmo após décadas da publicação dos primeiros estudos científicos sobre suas propriedades fitoquímicas (DE ARAÚJO; MINAMI, 1994; VENDRAMINI; TRUGO, 2000; NABATANZI; KABASA; NAKALEMBE, 2015). Elas seguem a tendência de frutos já consolidados na indústria brasileira de alimentos, cosméticos e farmacêutica, como o açaí e o cupuaçu, cujas primeiras investigações científicas datam da década de 1970 (ALVES; JENNINGS, 1979; CHADHA; PAREEK, 1988). Curiosamente, o consumo de algumas frutas típicas brasileiras, como a feijoa (*Acca sellowiana*), o araçá (*Eugenia stipitata*), o cambuci (*Campomanesia phaea (*O. Berg*.) Landrum*), o camu-camu (*Myrciaria dubia*) e o próprio açaí (*Euterpe oleracea*), é mais difundido no exterior do que no próprio território nacional. Na Europa eles são conhecidos como *super foods*, ao lado das famigeradas *goji berries* (*Lycium barbarum*). Estes frutos são ricos em ácidos fenólicos e flavonoides, fibras, vitamina C, potássio e óleos essenciais (AMARANTE; SANTOS 2011; ADATI, 2001; NERI-NUMA; CARVALHO-SILVA; MORALES; MALTA; MURAMOTO; FERREIRA; DE CARVALHO; RUIZ; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2013; RUFINO; ALVES; DE BRITO; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO; MANCINI-FILHO, 2010; CARVALHO; DA SILVEIRA; MATTIETTO; DE OLIVEIRA; GODOY, 2015). As frutas supracitadas e ilustradas na Figura 2 são apenas algumas dentre as dezenas de frutos nativos brasileiros de alto poder nutricional que ainda não atingiram seu potencial de mercado.

Figura 2 - Exemplos de frutas tropocais de alto valor nutricional com potencial comercial inexplorado: (a) acerola, (b) feijoa, (c) araçá, (d) cambuci, (e) fisális e (f) camu-camu.



Fonte: pixels.com

2.2.1 **Acerola** *Malpighia emarginata*

A aceroleira, também conhecida como cerejeira das Antilhas, é uma planta rústica de porte arbustivo. O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção e exportação da acerola, em razão da existência de condições favoráveis de clima e solo em grande área do país. Trata-se de uma fruta altamente requisitada no mercado mundial devido ao seu valor nutricional, com destaque para o teor de vitamina C (JUNQUEIRA; PIO; VALE; RAMOS, 2002). A aceroleira pertence ao gênero *Malpighia* da família *Malpighiaceae*, que conta com cerca de 63 gêneros e 850 espécies (Figura 3). Apesar de a sua classificação botânica ser bastante controversa, a acerola como é conhecida corresponde à espécie *Malpighia emarginata* D.C. (OLIVEIRA; SOARES FILHO; KOBAYASHI; RITZINGER, 2003).

Figura 3 - Malpighia emarginata: (A) acerola e (B) aceroleira.

Fonte: pixels.com

A acerola é muito utilizada no enriquecimento de sucos e alimentos dietéticos devido à elevada concentração vitamina C (ácido ascórbico) e vitamina A. A acerola também é fonte de carotenoides e fotoquímicos, por ser uma fonte razoável de pró-vitamina A, além de conter vitaminas do complexo B como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B3), B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e B3 (niacina). A fruta ainda contém minerais como cálcio, ferro e fósforo, embora os teores sejam baixos (AQUINO; MÓES; CASTRO, 2011; CAETANO; DAIUTO; VIEITES, 2012; MERCALI; SCHWARTZ; MARCZAK; TESSARO; SASTRY; 2014; ADRIANO; LEONEL, 2012). A acerola apresenta um teor de vitamina C entre 30 a 50 vezes maior do que o encontrado nas laranjas, implicando que um a dois frutos de acerola são suficientes para suprir o requerimento humano diário dessa vitamina. Devido aos benefícios do consumo da acerola à saúde humana, esta tem sido largamente utilizada no enriquecimento nutricional de alimentos, ou mesmo de outros sucos, nas últimas décadas (CARVALHO, 2000; NOGUEIRA; DE MORAES; BURITY; DA SILVA JÚNIOR; 2002; CUNHA NETO; RABELO; BERTINI; MARQUES; MIRANDA, 2012).

A rápida deterioração das frutas tropicais em condições ambientes (alguns dias) é um obstáculo à comercialização *in natura*, sobretudo em mercados consumidores distantes. Estima-se que nas áreas tropicais e subtropicais as perdas pós-colheita das frutas e hortaliças variam entre 15 e 50%, principalmente por manuseio e preservação inadequados (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A acerola é uma fruta tropical com alto valor nutricional produzida em grandes quantidades nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Portanto, o desenvolvimento de produtos com esta matéria prima é uma alternativa para reduzir o desperdício ao absorver grande parte da colheita, além de favorecer o consumo de frutas durante o ano todo, mesmo fora do seu período sazonal. Além do consumo *in natura*, a acerola pode ser usada na fabricação de bebidas, sorvetes, doces, iogurtes e geleias (CAETANO; DAIUTO; VIEITES, 2012).

De acordo com dados da EMBRAPA (2011), a produção de acerola no Brasil, tomando-se por base uma produtividade média de 10 t/ha, indica um total de aproximadamente 150 mil toneladas de frutos, produzidos principalmente pela Região Nordeste. Parte considerável dessa produção não é aproveitada devido à alta perecibilidade dos frutos, estimando-se em 40% as perdas pós-colheita. Quanto ao destino da produção, cerca de 60% permanecem no mercado interno e 40% são exportados. No tocante ao mercado interno, o volume de produção é distribuído entre a indústria (46%), atacado (28%) e varejo (19%), bem como cooperativas e outras associações de produtores (7%).

2.2.2 Morango (*Fragaria vesca*)

O morango, *Fragaria vesca*, é um pseudofruto carnoso e suculento de coloração vermelho intenso (Figura 4). Possui em sua extremidade os frutos verdadeiros denominados aquênios (COSTA, 2012). É rico em frutose, sacarose, vitamina C e vitaminas do complexo B, riboflavina, piridoxina, niacina, minerais (magnésio, manganês, cálcio, ferro, fósforo e potássio) e pobre em carboidrato. Quando consumido numa refeição bem balanceada e devido à presença dos ácidos málico, salicílico e cítrico, aumentam índices de absorção de ferro presente nos vegetais, ovos e carnes. É levemente laxativo e diurético e possui quercetina, que tem a função de neutralizar a ação dos radicais livres, responsáveis pelo estresse e envelhecimento das células (TACO 2006; BASON et al., 2010; WASIM et al., 2012).

Figura 4 - Fragaria vesca: (A) frutos e (B) pés de morango.

Fonte: pixels.com

O morango é a espécie do grupo das pequenas frutas de maior expressão econômica global. O morango ganhou destaque na área da saúde nas últimas décadas devido à sua composição química, sendo produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo (OLIVEIRA; NINO; SCIVITTARO, 2005). Dentre as propriedades do morango que trazem benefícios à saúde, destaca-se a capacidade antioxidante. Estudos *in vitro* mostraram um aumento nos níveis de vitamina C em indivíduos saudáveis que ingeriram 500 g de morango/dia (TULIPANI; ALVAREZ-SUAREZ; BUSCO; BOMPADRE; QUILES; MEZZETTI; BATTINO, 2011).

Morangos são uma importante fonte de compostos bioativos como vitamina C, β - caroteno e compostos fenólicos (ARIZA; REBOREDO-RODRÍGUEZ; MAZZONI; FORBES-HERNÁNDEZ; GIAMPIERI; AFRIN; GASPARRINI; SORIA; MARTÍNEZ-FERRI; BATTINO; MEZZETTI, 2016). Como nem estes compostos e nem fibra são encontrados no leite em quantidades significativas (WIJESINHA-BETTONI; BURLINGAME, 2013), morangos podem ser incorporadas à dieta por meio de derivados lácteos enriquecidos com a fruta. Na literatura, inúmeros estudos reportam a incorporação de morangos em alimentos lácteos para aumento do poder antioxidante do produto final.

O morango é uma fruta que se destaca no conteúdo de compostos fenólicos, sendo os principais o ácido elágico e alguns flavonoides, como as antocianinas, a catequina, a quercetina e o kaempferol (VIZZOTTO; KROLOW; TEIXEIRA, 2010). Os derivados de ácido elágico correspondem a mais de 50% dos compostos fenólicos encontrados na fruta, desta forma o morango representa a principal fonte de derivados de ácido elágico na dieta brasileira (HAKKINEN et al., 2000, PINTO et al., 2008). Seu conteúdo varia com a cultivar analisada e, em média, na forma livre encontra-se em torno de 1,6 mg l00 g-1 de massa fresca (VIZZOTTO; KROLOW; TEIXEIRA, 2010).

2.3 GELEIAS DE FRUTAS

De acordo com a Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) nº 12 de 1978, “geleia de fruta é o produto obtido pela cocção de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até a consistência gelatinosa”. A consistência deve ser tal que, quando extraída de seu recipiente, seja capaz de se manter no estado semissólido (DE MELO NETO; CARVALHO; DE MELO; BARRETO; DO SACRAMENTO, 2012). Uma combinação adequada desses componentes, tanto na qualidade

como na ordem de adição durante o processamento, deve ser respeitada para obter uma maior qualidade da geleia (BRASIL, 1978; LAGO; GOMES; SILVA, 2006; DAMIANI; DE ALMEIDA; FERREIRA; ASQUIERI; VILAS BOAS; DA SILVA, 2011).

As geleias de frutas estão presentes em todos os estados do país e fazem parte do dia a dia dos brasileiros. Geleias de frutas são comumente usadas para acompanhar pão, bolacha e derivados, ou empregadas em recheio de bolo e artigos de confeitaria (GUIMARÃES, 2012). Contudo, podem ser utilizadas para agregar valor a uma infinidade de produtos, diversificando-os e atribuindo características sensoriais e nutricionais advindas da matéria prima, como ocorre geralmente com iogurtes. Conforme demonstrado por Gomes, Duarte, Batista, de Figueiredo, de Souza, de Souza e Queiroga (2013), a adição de geleia de frutas em iogurte de cabra tem um efeito positivo no sabor e odor do produto, além de aumentar a viscosidade e reduzir a sinerese do iogurte. A pectina presente em frutas pode ser utilizada como substituto de estabilizantes comerciais e outras matérias-primas que visam aumentar o teor de sólidos totais do iogurte. Os corantes naturais presentes nas frutas são um benefício adicional, que culmina em maior aceitabilidade sensorial e intenção de compra de iogurte caprino.

2.4 IOGURTE TIPO GREGO

O iogurte é o produto lácteo fermentado mais popular e é altamente apreciado pelo seu valor nutricional e boa digestibilidade (SAINT-EVE; LEVY; MARTIN; SOUCHON, 2006). Recentemente, numerosos estudos destacaram os benefícios para a saúde do consumo de iogurte em termos de melhoria do sistema imunológico, melhora da função intestinal e proteção contra câncer do cólon e infecção por *Helicobacter pylori* (EL-ABBADI; DAO; MEYDANI, 2014). Os benefícios para a saúde relacionados ao consumo de iogurte foram atribuídos à presença de peptídeos bioativos e probióticos (RUTELLA; TAGLIAZUCCH; SOLIERI, 2016). No entanto, o iogurte não é considerado uma fonte de compostos fenólicos e, portanto, ervas tradicionais ou alimentos como especiarias, sucos de frutas e sementes de uva ou extrato são usados para aumentar seu teor de fenólicos (CHOUCHOULI; KALOGEROPOULUS; KONTELES; KARVELA; MAKRIS; KARATHANOS, 2013; KARRASLAN; OZDEN; VARDIN; TURKOGLU, 2011; OLIVEIRA; ALEXANDRE; COELHO; LOPES; ALMEIDA; PINTADO, 2015).

O iogurte parece ser uma excelente matriz alimentar que funciona como veículo para compostos fenólicos derivados de plantas e frutas. O baixo pH aumenta a estabilidade dos

compostos fenólicos durante o armazenamento (CHOUCHOULI; KALOGEROPOULUS; KONTELES; KARVELA; MAKRIS; KARATHANOS, 2013), enquanto a presença de proteínas ou grandes peptídeos e gordura deve manter a integridade dos compostos fenólicos durante a digestão, aumentando sua bioacessibilidade (TAGLIAZUCCHI; HELAL; VERZELLONI; CONTE, 2012; LAMOTHE; AZIMY; BAZINET; COUILLARD; BRITTEN, 2014). Bioacessibilidade é definido como a quantidade de um composto específico solubilizado no intestino delgado e disponível para a absorção subsequente. A definição de bioacessibilidade compreende a liberação de compostos de matrizes alimentares e sua estabilidade sob a condição gastrointestinal (TAGLIAZUCCHI; VERZELLONI; BERTOLINI; CONTE, 2010). Este último ponto é de suma importância, uma vez que apenas os compostos liberados da matriz alimentar e que se mantêm estáveis na condição gastrointestinal são potencialmente biodisponíveis e em condições de exercer efeitos benéficos no trato gastrointestinal.

No iogurte grego, a textura (principalmente o parâmetro de firmeza) é uma propriedade crucial para a qualidade do produto final (RAMOS; GAJO; PINTO; ABREU; PINHEIRO, 2009). A pectina contida em frutas pode contribuir para a maior viscosidade e capacidade de retenção de água no iogurte produzida a partir de leite de cabra (GOMES; DUARTE; BATISTA; DE FIGUIREDO; DE SOUSA; DE SOUZA; QUEIROGA, 2013), auxiliando na obtenção da consistência típica do iogurte grego, que o difere do iogurte tradicional.

2.5 PROBIÓTICOS

Probióticos são micro-organismos vivos que, quando ingeridos em quantidades adequadas, culminam em um efeito benéfico à saúde do consumidor. Estas bactérias devem ter como características a resistência às condições ácidas do estômago, aos ácidos biliares e à pancreatina, no início do intestino delgado. Além disso, probióticos também produzem compostos antimicrobianos, aderem à mucosa intestinal, não produzem aminas biogênicas e não resistem a antibióticos específicos (FAO/WHO, 2002).

Probióticos são utilizados para prevenir e tratar uma ampla variedade de patologias. O maior número de evidências diz respeito ao tratamento de distúrbios gastrintestinais (diarreia, doença inflamatória do intestino, diarreia do viajante), alívio de sintomas da intolerância à lactose, redução da concentração de enzimas de promoção de câncer e/ou metabólitos, normalização do trânsito intestinal e melhoria do quadro de constipação, efeitos antialergênicos e aumento da resposta imune (SILANIKOVE; LEITNER; MERIN; PROSSER, 2010; ADAM;

ODHAV; NAIDU, 2012; LEE; KIM; HAN; EOM; PAIK, 2014). Culturas probióticas para uso em alimentos são geralmente disponíveis na forma seca ou congelada, e podem ser empregadas para fins industriais ou domésticos. Podem ser consumidas em suplementos dietéticos na forma de pó, cápsula ou comprimidos, ou em produtos alimentícios fermentados ou não (TRIPATHI; GIRI, 2014). Para serem utilizadas em produtos alimentícios, as cepas devem ser de origem humana, não patogênicas e sobreviver ao trânsito gastrointestinal (HARDY; HARRIS; LYON; FOEY, 2013). O produto com probiótico deve ser seguro e conter os microorganismos em número adequado para o consumo. Para isso, as estirpes selecionadas devem ser adequadas ao processamento tecnológico em grande escala, com a capacidade de sobreviver e conservar sua função durante a produção e armazenamento (TRIPATHI; GIRI, 2014). Para que os benefícios à saúde produzidos por bactérias probióticas sejam obtidos, é necessária a ingestão de uma dose diária de 10^8 a 10^{10} UFC/g ou mL de alimento (REID et al., 2003). Assim, considerando um consumo de produtos lácteos de 100 g, estes devem conter pelo menos 10^6 a 10^7 UFC/g de bactérias probióticas viáveis durante todo o seu prazo de validade (MARUYAMA; CARDARELLI, H; BURITI; SAAD, 2006; VINDEROLA; RENHEIMER, 2000).

Muitos fatores podem influenciar a viabilidade dos microorganismos probióticos em produtos alimentícios durante a produção, processamento e armazenamento. Dentre esses fatores estão as características da matriz alimentar onde foi inoculado (pH, acidez titulável, oxigênio molecular, atividade de água, presença de sal, açúcar e produtos químicos como peróxido de hidrogênio, bacteriocinas, aromatizante artificial e corantes); parâmetros de processamento (tratamento térmico, temperatura de incubação, taxa de arrefecimento do produto, materiais de embalagem, e condições de armazenamento e escala de produção); e parâmetros microbiológicos (estirpes de probióticos, taxa e proporção de inoculação) (TRIPATHI; GIRI, 2014).

Os laticínios são os produtos mais utilizados para veicular os probióticos, sendo utilizados no mercado há muitos anos e bem aceitos pelos consumidores (GRASSO; BRUNTON; LYNG; LALOR; MONAGHAN, 2014). As bactérias ácido láticas (BAL) são utilizadas para a produção de alimentos fermentados derivados de vegetais e animais e são habitantes naturais do trato gastrointestinal humano. Estes microorganismos têm o crescimento caracterizado pela rápida acidificação do meio e elevado fluxo de carbonos, pois convertem os hidratos de carbono em ácido lático, e em alguns casos promovem uma mistura de ácidos (DERRIEN; VLIEG, 2015). Vários autores reportaram que a composição do leite de cabra é particularmente apropriada para a sobrevivência e viabilidade de cepas probióticas durante o armazenamento refrigerado de iogurtes (BENYOUCEF; HANSAL; SAID; SAID;

BENTABET; KIHAL; BENMECHERNENE, 2017; RANADHEERA; NAUMOVSKI; AJLOUNI, 2018).

2.5.1 *Limosilactobacillus mucosae*

Lactobacillus spp. tem sido amplamente estudado em relação a propriedades probióticas, e foi comprovado que vários lactobacilos exercem benefícios à saúde. Recentemente, cepas de *L. mucosae* Lb. têm atraido a atenção de pesquisadores por sua capacidade de aderir a células epiteliais intestinais e inibir o crescimento de patógenos no trato gastrointestinal humano (TGI) por meio de exclusão (LONDON; CHAURIN; AUTY; FENELON; FITZGERALD; ROSS; STANTON, 2015; DE MORAES; DE ABREU; DO EGITO; SALLES; DA SILVA; NERO; TODOROV; DOS SANTOS, 2017). A adesão ao muco intestinal é uma característica desejável para bactérias probióticas, pois aumenta a persistência no TGI e a capacidade de colonizar eficazmente o intestino (ETZOLD; KOBER; MACKENZIE; TAILFORD; GUNNING; WALSHAW; HEMMINGS; JUGE, 2014; LAVILLA-LERMA; PÉREZ-PULIDO; MARTÍNEZ-BUENO; MAQUEDA; VALDIVIA, 2013).

Limosilactobacillus mucosae foi identificado pela primeira vez por Roos et al. [5] usando o gene de ligação ao muco (MUB) de *Lactobacillus reuteri* como uma sonda. Inicial pesquisas com *L. mucosae* revelaram sua capacidade de aderir ao muco de porco [5]. No humanos, *L. mucosae* representa uma das espécies fortemente associadas à mucosa subpopulações da microbiota intestinal, juntamente com *Lactobacillus gasseri e Bifidobacterium breve* [6]. Sua forte associação com a camada mucosa e sua presença em outros nichos da mucosa, como o humano cérvix e vagina, demonstram a afinidade de *L. mucosae* pela mucina componentes e a camada mucosa do hospedeiro [7].

O *Lactobacillus mucosae* CNPC007, que foi isolado de leite de cabra por um grupo de pesquisadores da EMBRAPA, reúne um conjunto de propriedades probióticas e tecnológicas verificado por testes *in vitro*, o que o torna promissor para aplicação em laticínios funcionais A cepa exibiu alta taxa de sobrevivência em condições gástricas e entéricas simuladas. Além disso, maior acidificação do leite de cabra, capacidade de coagulação, produção de diacetil e atividade proteolítica foram observadas em relação a outras cepas de *L. mucosae* (CNPC006 e CNPC009) (DE MORAES; DE ABREU; DO EGITO; SALLES; DA SILVA; NERO; TODOROV; DOS SANTOS, 2017).

De Moraes, dos Santos, de Barcelos, Lopes e do Egito (2018) estudaram a adição de *Lactobacillus mucosae* CNPC007 em queijo de cabra e observou que as formulações elaboradas com a cultura láctea autóctone tinham características físicas e físico-químicas compatíveis com os requeridos para o queijo coalho. O queijo obteve boa aceitabilidade sensorial, com escores médios superiores a 7,0 para os atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão geral. Em conjunto, os resultados demonstram a adequação da liofilização cultura autóctone para a produção de um novo queijo de cabra potencialmente probiótico. Consequentemente, esta cultura terá boa aplicabilidade em outras matrizes lactéas.

Yu et al., 2016 ao estudarem uma cepa de *Limosilactobacillus mucosae* LMU1001, originalmente isolado a partir de um morador Gaotian com uma vida útil longa, poderam observer que a cepa têm um forte potencial antioxidante através de uma avaliação sistemática in vitro e in vivo. *Limosiactobacillus mucosae* LMU1001 aumentou a capacidade antioxidante em camundongos estressados por oxidante induzido porD-Gal, aumentando a atividade de GSH-PX e T-SOD, diminuindo o nível de MDA e melhorando a função do fígado por meio da redução de enzimas metabólicas (por exemplo, ALT, AST e T-SOD). Além disso,*L.*mucosae LMU1001 aumentou a expressão de*GPX2* , *MT1A* e *MT1M* em qualquer linha celular de HT-29 e Caco-2 , ou camundongos com envelhecimento induzido por D -Gal.

2.6 DIFERENCIAL DESTA PESQUISA

Embora outros estudos tenham desenvolvido produtos lácteos a partir de leite de cabra, utilizando-se de diferentes microrganismos fermentativos e matérias-primas adicionais (DE MORAES, G. M. D.; DOS SANTOS, K. M. O.; DE BARCELOS, S. C.; LOPES, S. A.; DO EGITO; RANADHEERA; EVANS; ADAMS; BAINES, 2012; GOMES; DUARTE; BATISTA; DE FIGUIREDO; DE SOUSA; DE SOUZA; QUEIROGA, 2013; DE SANTIS, D.; GIACINTI, G.; CHEMELLO; G. FRANGIPAN, 2019; DO ESPÍRITO SANTO; PEREGO; CONVERTI; OLIVEIRA, 2012; VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, 2008), este estudo é o primeiro a utilizar a cepa *Lactobacillus mucosae* CNPC007 em conjunto com geleia mista de acerola e morango na produção de iogurte caprino tipo grego. A sinergia entre os microorganismos e as máterias-primas utilizadas contribuíram para a obtenção das características físico-químicas, reológicas e sensoriais desejadas e para o potencial probiótico do iogurte caprino.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E LOCAL DE EXECUÇÃO

O leite de cabra foi obtido de cabras da raça *Toggenburg*, de uma cooperativa localizada na cidade de Nova Floresta/PB. O leite de cabra em pó (Caprilat®, Macuco, Rio de Janeiro, Brasil) foi obtido comercialmente. Os morangos e as acerolas foram adquiridos na feira livre de Cuité/PB. O açúcar cristal (União®, Limeira, São Paulo, Brasil) foi obtido nos supermercados de Cuité/PB. A cultura autóctone *L. mucosae* CNP007 foi obtida da "Coleção de Micro-organismos de Interesse da Indústria de Alimentos e Agroenergia" da Embrapa Agroindústria Tropical/Fortaleza, Ceará, Brasil. A cultura *starter* (Y 472, Sacco®, Campinas, São Paulo, Brasil), composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus e Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus,* foi adquirida comercialmente.

As análises tecnológicas, físicas, físico-químicas e funcionais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e as análises sensoriais, no Laboratório de Análise Sensorial. Os ensaios microbiológicos (qualidade higiênico-sanitária, viabilidade e testes *in vitro* de avaliação do potencial probiótico) foram realizados nos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos. Todos estes laboratórios pertencem ao Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus* Cuité/PB. As análises reológicas foram executadas no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus* de Campina Grande/PB. O perfil de fenólicos, e de açúcares e de ácidos orgânicos foi determinado no Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas/SP (ITAL), enquanto que as análises de determinação do perfil aromático e lipídico foram realizadas no Laboratório de *Flavor,* do Centro de Tecnologia de Alimentos, do *Campus* I da UFPB.

3.2 ELABORAÇÃO DAS GELEIAS

Foram elaboradas 3 formulações de geleias, para que posteriormente a partir dos testes realizados, fosse escolhida a mais adequada para ser adicionada aos iogurtes. Os ingredientes

descritos na Tabela 3 foram utilizados na elaboração das geleias. O fluxograma de produção das geleias é ilustrado na Figura 5.

Tabela 3 – Formulação de geleia mista para adição em iogurte caprino probiótico tipo grego.

Ingredientes	**Geleia mista**	**Geleia de morango**	**Geleia de acerola**
Açúcar refinado (g)	500	500	500
Polpa de acerola (g)	250	-	500
Polpa de morango (g)	250	500	-
Água (mL)	200	200	200

O morango e a acerola foram previamente higienizados utilizando solução clorada (INSERIR CONCENTRAÇÃO), na qual foram submersos durante 15 minutos. Os ingredientes foram pesados em balança semianalítica. Os frutos (500g) foram processados com a água (200mL) com o auxílio de um liquidificador industrial, a polpa obtida passou por um peneiramento prévio, e a solução resultante foi depositada em uma panela, sendo logo em seguida misturada ao açúcar (500g) com adição de água. A mistura foi submetida à cocção sob uma faixa de temperatura de 175-185°C. Para a obtenção do ponto da geleia, foi determinado o teor de sólidos solúveis (°Brix), que deve ser 57-67%. Por fim, o produto foi envasado a uma temperatura de 85 °C (Figura 6), resfriado (25 ±1°C). e armazenado sob refrigeração (4 ±1°C).

Figura 5 - Fluxograma de produção das geleias.

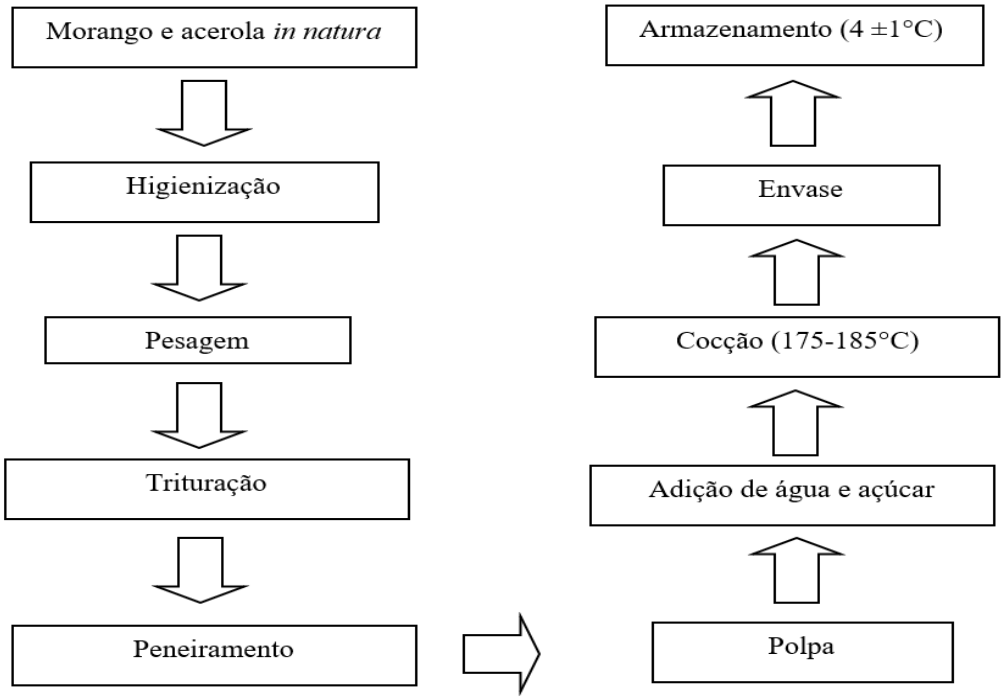


Figura 6 - Geleia mista de morango e acerola.

3.3 PREPARO DO INÓCULO DE *L. mucosae* E ELABORAÇÃO DO IOGURTE GREGO CAPRINO

Inicialmente, antes do processamento dos *iogurtes caprino tipo grego*, realizou-se a determinação da fase estacionária de *Lb. mucosae* CNPC007, que consistiu em diluir de 0,1 g da cepa liofilizada em 10 mL de água salina esterilizada (0,85%). Essa suspensão foi distribuída em cada poço de uma microplaca de 96 poços que foi incubada em leitor de

microplacas/incubadora (EON, Biotek, EUA) a 37 °C, em condições de aerobiose, utilizando absorvância 600 nm, para avaliação do crescimento bacteriano em diferentes intervalos de tempo (0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 e 48 h), sendo estabelecidos 22 h como tempo de alcançe da fase estacionária para este micro-organismo. Paralelo a esse ensaio de ajuste da fase estacionária da cepa, inóculos com crescimento visível em água salina estéril (0,85%), preparados como descrito acima, sofreram ajuste para obter-se OD600 nm = 0,5 (absorbância), correspondente a cerca de 7 - 8 log UFC/g. Em seguida, realizou-se o preparo do inóculo da bactéria probiótica em leite, que foi adicionado aos tratamentos QL e QLF. Para tanto, o inóculo final (InF) utilizado foi previamente preparado dividindo-se em duas etapas. Primeiramente, o inóculo 1 (In1) foi preparado através da diluição de 0,1 g da cepa de *Lb. mucosae* liofilizada em 10 mL de leite de cabra em pó reconstituído (Caprilat®) em água estéril, o qual foi incubado por 22 horas (tempo de alcance da fase estacionária) a 37 ºC; posteriormente, o inóculo 2 (In2) foi preparado através da proporção de 1/2 do In1 + 10 mL de leite de cabra em pó reconstituído em água estéril, incubado por 22 horas a 37 ºC, resultando no inóculo final (InF), com cerca de 10 – 11 log UFC/g. Para confirmação dessas contagens estabelecidas em OD600 nm, uma alíquota deste inóculo foi tomada e submetida a diluições seriadas decimais com água peptonada esterilizada 0,1 g/100 mL (Sigma, St. Louis MO, EUA). Seguindo a técnica da microgota, despejou-se 10 µL de diluições adequadas em ágar MRS (Oxoid, Basigstoke, UK), acidificado a pH 5 (IDF, 1995). As placas foram incubadas em aerobiose a 37 ºC durante 48 h. Os resultados foram expressos em log UFC/g.

Os iogurtes foram elaborados a partir de uma metodologia padronizada em laboratório. Inicialmente, o leite de cabra foi pasteurizado (65 °C/30 min) (Figura 7a), adicionado de 10% de sacarose e 10% de leite de cabra em pó e submetido a tratamento térmico (90 °C/10 min). Posteriormente, o leite foi resfriado a 40 °C e a cultura *starter* (composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) e 100 mL de inóculo contendo a cultura autóctone com potencial probiótico *L. mucosae* CNP007 foram adicionadas nas formulações que continham probiótico. Foram processados seis tratamentos de iogurte grego, conforme a Tabela 4. Os iogurtes foram incubados em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) em temperatura de 45 °C durante 6 horas. O ponto final da fermentaçãoo do iogurte foi obtido com base na verificação da firmeza do coágulo e determinação do pH, quando o mesmo atingiu 4,5. Após a coagulação, a coalhada foi transferida para o dessorador (Figura 7b) previamente esterilizado, o qual foi colocado sob resfrigeração (4 ±1 ºC) por 12 horas. Após este período, a massa foi retirada e as formulações com geleia foram acrescidas de geleia mista de morango e acerola nas proporções indicadas na Tabela 4. Por fim, as formulações foram

acondicionadas em recipientes esterelizados e armazenadas sob refrigeração (4 ±1 ºC) até o momento das análises. As etapas de processamento dos iogurtes podem ser observadas na Figura 8.

Figura 7 - Etapas de (A) pasteurização do leite, (B) dessoramento do iogurte (C) Armazenamento do iogurte.

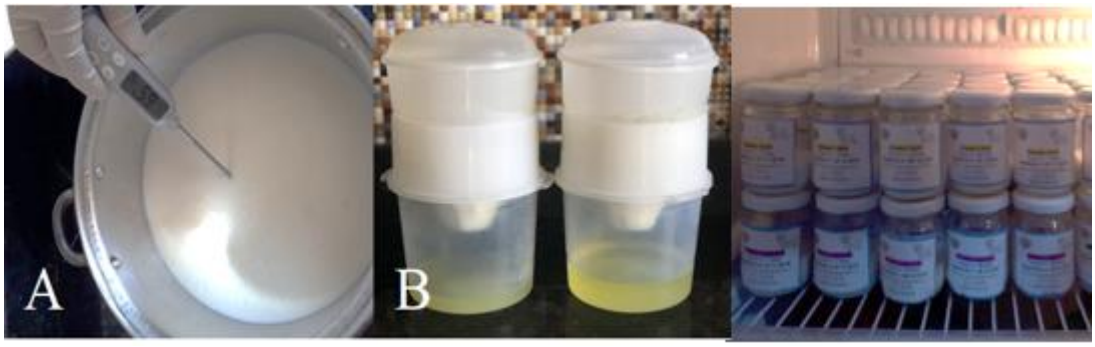
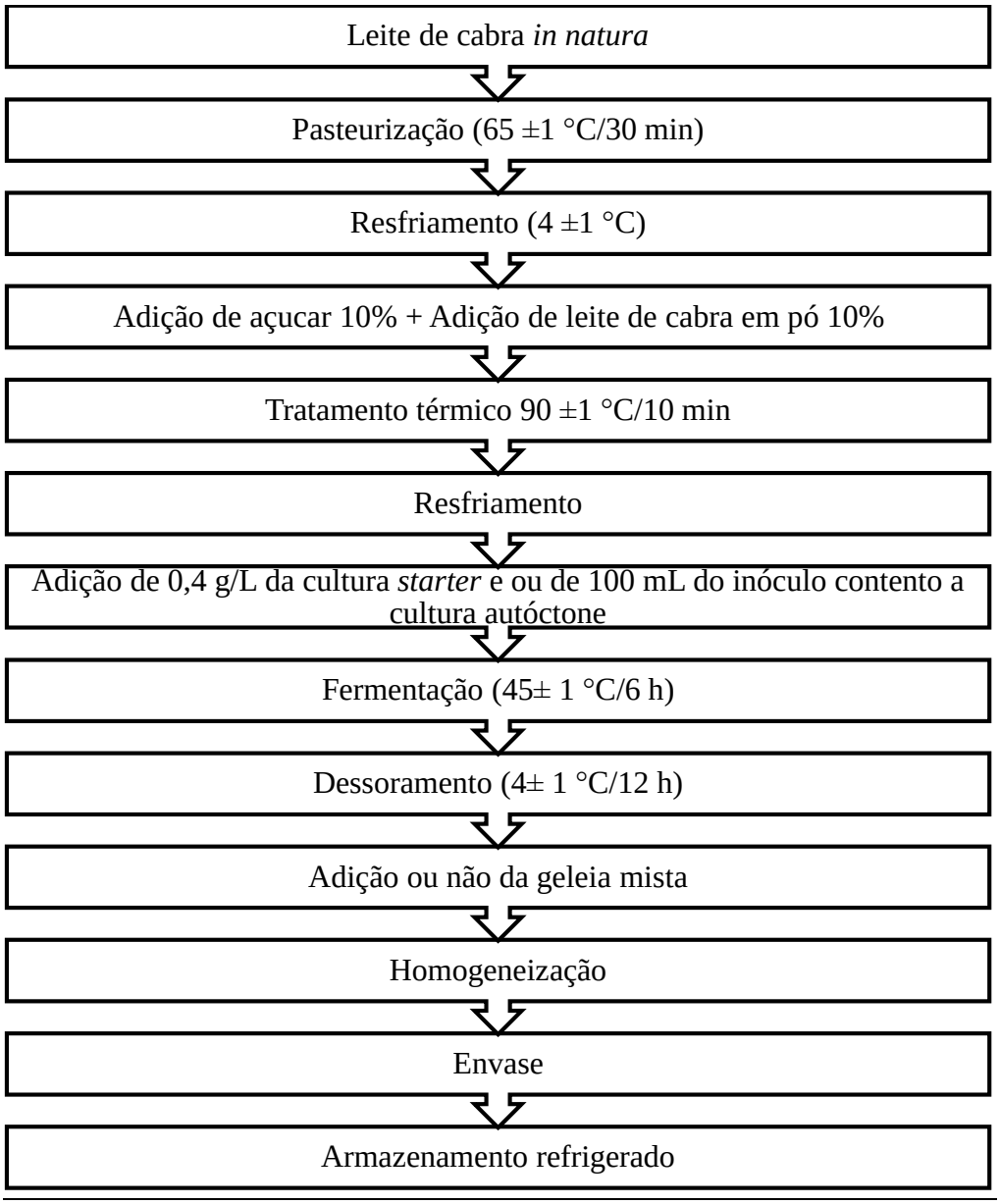


Tabela 4 – Quantidades utilizadas de culturas e de geleia mista para o iogurte grego caprino com potencial probiótico.

Formulação	**Mistura de microorganismos e geleia mista**
IC	0,4 g/L da cultura *starter*
IP	0,4 g/L da cultura *starter* + 100 mL de inóculo de *L. mucosae* /L de leite
IC10	0,4 g/L da cultura *starter* + 10% de geleia mista
IC15	0,4 g/L da cultura *starter* + 15% de geleia mista
IP10	0,4 g/L cultura *starter* + 100 mL de inóculo de *L. mucosae* /L de leite + 10% de /geleia mista
IP15	0,4 g/L da cultura *starter* + 100 mL de inóculo de *L. mucosae* /L de leite + 15% de geleia mista

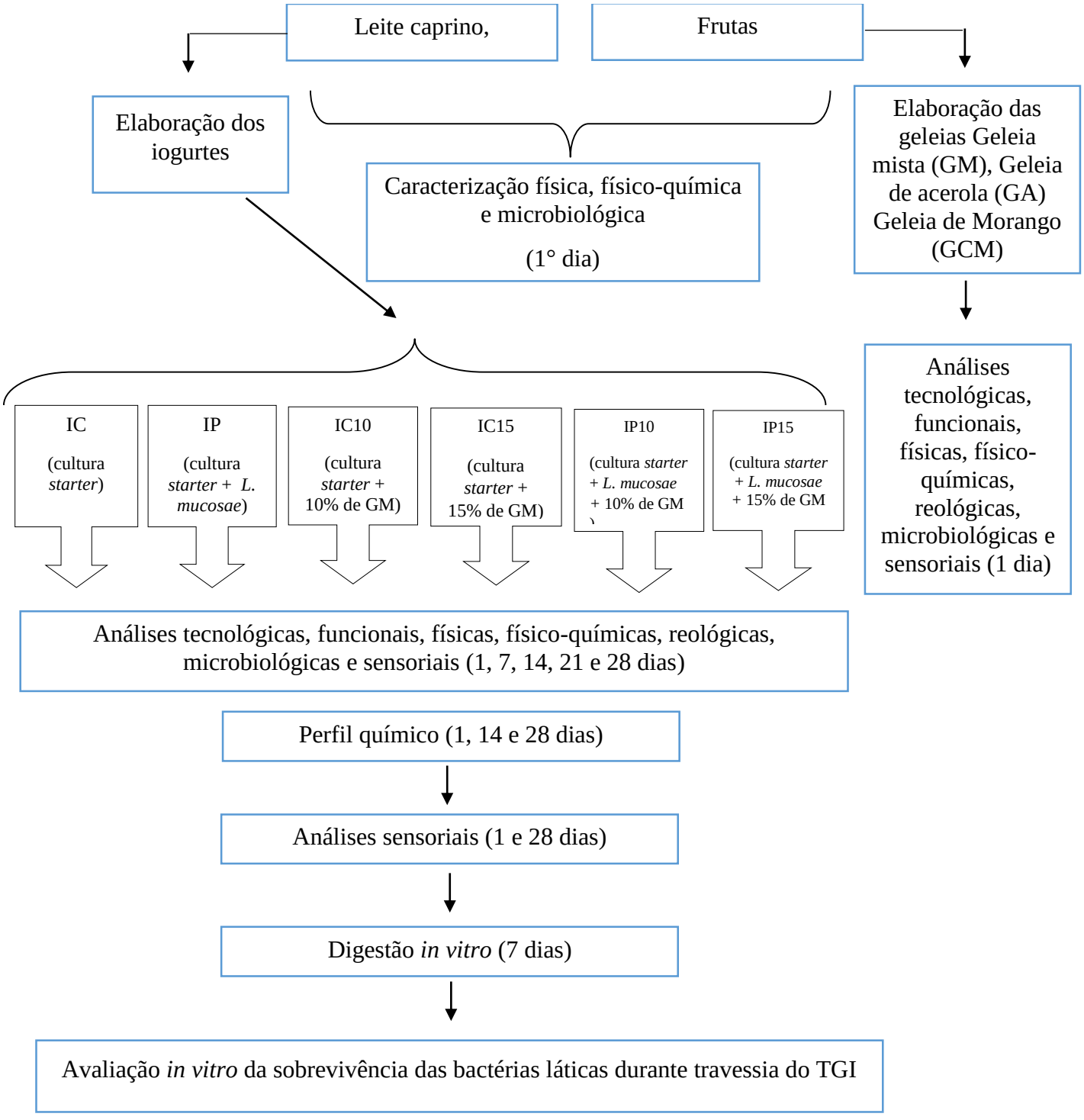
Figura 8 - Fluxograma de processamento do iogurte grego caprino com potencial probiótico adicionado de geleia mista de acerola e morango.



Foram realizados três processamentos, conforme delineamento experimental exposto na Figura 9. Os iogurtes foram avaliados nos tempos 1, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento refrigerado (4 ±1 °C) quanto às suas características tecnológicas, físicas, físico-químicas, reológicas e microbiológicas (viabilidade). Já os ensaios sensoriais e de determinação do perfil químico foram realizados nos tempos 1, 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado. A avaliação do efeito protetor da matriz alimentar sobre a sobrevivências das bactérias láticas em

condições simuladas do trato gastrointestinal (TGI) foi feita após 7 dias de armazenamento refrigerado.

Figura 9 - Delineamento experimental da elaboração do iogurte caprino.



3.4 CONTROLE DE QUALIDADE DO LEITE CAPRINO

O leite caprino utilizado na elaboração dos leites fermentados foi submetido à determinação dos parâmetros de acidez expresso em ácido lático, pH, umidade, extrato seco total (EST), proteínas, gordura, lactose e cinzas, conforme metodologias recomendadas pela A*ssociation of Official Analytical Chemist Methods* (AOAC, 2016). A determinação dos parâmetros microbiológicos seguiu as metodologias recomendadas pela *American Public Healh Association* (APHA, 2015), em que a matéria prima foi submetida à determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (NMP/g) e termotolerantes (NMP/g), contagem de bolores e leveduras expressa em UFC/g (APHA, 2015), e contagem total de bactérias aeróbias mesófilas (Unidades Formadoras de Colônias por g – UFC/g).

3.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA GELEIA E DO IOGURTE GREGO CAPRINO DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

3.5.1 Análises tecnológicas

As características tecnológicas que foram determinadas incluem a cor e viscosidade para os iogurtes e as geleias, e a sinérese, capacidade de retenção de água, viscosidade e cor para os iogurtes ao longo do armazenamento e a cor para as geleias no primeiro dia após a fabricação. A cor foi medida utilizando o colorímetro Konica Minolta (modelo CR 400), enquanto que a suscetibilidade do iogurte à separação da água do coágulo (sinerese) foi determinada pelo método de drenagem. Neste método, 30 g da amostra foram distribuídas sobre um papel filtro na parte superior de um funil acoplado a um Erlenmeyer de 100 mL. O índice de sinerese foi calculado após 5 horas a 4 °C (RIENER; NOCI; CRONIN; MORGAN; LYNG, 2010), utilizando-se a Equação 1:

$$\text{Sinerese (\%)} = \frac{\text{Massa do soro de leite após filtração}}{\text{Massa do leite fermentado}} \times 100 \quad (1)$$

Para as medidas de viscosidade aparente foi utilizado o viscosímetro *Brookfield* (modelo *DV II+Pro*), com banho termostático acoplado para controlar a temperatura das amostras. Para os iogurtes, a análise foi realizada à temperatura de 4 ºC durante todo o armazenamento e para a geleia, a análise foi realizada um dia após a elaboração em quatro temperaturas (5, 15, 25 e 35 °C). Para as leituras de viscosidade aparente (mPa.s), feitas em triplicata sob rotação de 40 rpm, utilizaram-se 7,5 mL das amostras e um dispositivo de tamanho adequado dotado de *spindle* SC4-21.

3.5.2 Análises físicas e físico-químicas

A geleia foi submetida às análises de umidade, acidez, extrato seco total e resíduo mineral fixo (RMF) (AOAC, 2016). O pH foi determinado em potenciômetro digital, modelo Q400 (Quimis®, Diadema, São Paulo, Brasil). Os iogurtes foram submetidos às análises de composição física e físico-química de acordo com as metodologias descritas pela *Association of Official Analytical Chemist Methods* (AOAC, 2016). Para tanto, foram realizados os seguintes ensaios: determinação da atividade de água à temperatura de 25 °C em Aqualab®; pH em potenciômetro digital, modelo Q400 (Quimis®, Diadema, São Paulo, Brasil); acidez em ácido láctico por titulação; umidade e extrato seco total (EST) por secagem em estufa estabilizada a 105 ºC até massa constante; resíduo mineral fixo (RMF) por carbonização seguida de incineração em forno mufla a 550 ºC; determinação de gordura pela utilização do lacto-butirômetro de Gerber e açúcares totais pela redução de Fehling; e proteína pelo método Micro Kjedahl, utilizando fator de 6,38 para conversão do nitrogênio total em proteína total. O índice de proteólise em extensão e profundidade foi determinado usando o método de micro-Kjeldahl (AOAC, 2016). A proteólise foi avaliada com base no índice de proteólise em extensão (IPE) e índice proteólise em profundidade (IPP), utilizando as Equações 2 e 3 (ANDREATTA; FERNANDES; DOS SANTOS; DE LIMA; MUSSARELLI; MARQUES; DE OLIVEIRA, 2007):

$$\text{IPE} = \frac{\text{NS em pH 4.6}}{\text{NT}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{IPP} = \frac{\text{NS em TCA}}{\text{NT}} \times 100 \quad (3)$$

onde IEP é o índice de extensão da proteólise, IPP é o índice de profundidade da proteólise, NS representa nitrogênio solúvel, NT representa nitrogênio total e TCA representa ácido tricloroacético.

3.5.3 Avaliação da qualidade higiênico-sanitária e da viabilidade das bactérias láticas

As análises microbiológicas compreenderam a avaliação da qualidade higiênico-sanitária para geleia e iogurtes e a avaliação da viabilidade das bactérias láticas nos iogurtes. No controle de qualidade foram realizados os seguintes ensaios: contagem de coliformes totais e termotolerantes expressa em NMP/g e contagem de bolores e leveduras expressa em UFC/g (APHA, 2015). No que se refere à avaliação da viabilidade das bactérias láticas, a contagem de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* foi feita de acordo com a APHA (2015), enquanto a contagem de *Lactobacillus mucosae* CNP007 e *Lactobacillus* subsp. *bulgaricus* seguiu as metodologias de London et al (2015) e Lima et al (2009), respectivamente.

3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

3.6.1 Preparação do extrato da geleia e iogurte para análise de compostos fenólicos totais e atividades antioxidantes

A avaliação funcional das geleias foi realizada no dia 1 após a elaboração, enquanto que a caracterização funcional do iogurte foi realizada periodicamente ao longo de todo o armazanamento refrigerado (28 dias).

Para a extração dos compostos bioativos da geleia, 1 g da amostra foi pesado em um tubo falcon e adicionado de 10 mL de metanol 80% (v/v). Em seguida, o tubo foi revestido com papel alumínio e deixado em repouso por 24 horas. A mistura foi então filtrada e armazenada em frasco ambar a -18 °C até o momento das análises.

A extração dos compostos bioativos do iogurte foi realizada conforme metodologia descrita por Feng et al. (2019), com algumas modificações. Inicialmente, foram pesados 10 g de iogurte em um becker e adicionados de 30 mL de metanol 80%. Em seguida, o becker foi coberto com papel alumínio e a mistura foi levada para agitação com auxílio de barra magnética em chapa agitadora por 20 minutos a temperatura ambiente (25 °C) na ausência da luz. A

mistura foi então centrifugada (Centribio 80-2B) a 1252 g por 10 minutos e o sobrenadante foi recolhido e filtrado. Todas as extrações foram realizadas em triplicata.

3.6.2 Determinação dos compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais das formulações da geleia e do iogurte foi determinado segundo a metodologia descrita por Liu et al. (2002), com algumas modificações. Resumidamente, 250 µL de cada extrato descrito no item 3.6.1 foram misturados em tubo de ensaio com 1250 µL do reagente Folin-Ciocalteau a 10%. As soluções foram agitadas em vórtex e armazenadas em temperatura ambiente (25 °C) na ausência da luz por seis minutos. Em seguida, foram adicionados 1000 µL da solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi levada ao banho maria a uma temperatura de 50 °C durante 5 min e então a absorbância foi lida a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL Photonics, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Também foi realizado um branco com a ausência dos extratos para zerar o espectrofotômetro. O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por cem gramas de amostra (mg EAG/100 g).

3.6.3 Determinação do perfil de fenólicos

Os compostos fenólicos individuais foram determinados seguindo a metodologia validada por Padilha et al. (2017), com adaptações em gradiente e tempo de execução para quantificação de estilbenos, flavonóis e flavonas, utilizando um cromatógrafo líquido Agilent 1260 Infinity System LC (Agilent Technologies, Santa Clara - EUA) acoplado a um detector de arranjo de diodo (DAD) (modelo G1315D). Os dados foram processados usando o software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara-EUA). A coluna utilizada foi a Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e a pré-coluna foi a Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) (Zorbax, EUA). A temperatura do forno foi de 35 ° C e o volume de injeção foi de 20 µL da amostra, previamente diluída na fase A, e filtrada através de membrana de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil). O fluxo de solvente foi de 0,8 mL min−1. O novo gradiente utilizado na separação foi de 0 a 5 min: 5% B; 5 a 14 min: 23% de B; 14 a 30 min: 50% de B; 30-33 min: 80% B, em que o solvente A era uma solução de

ácido fosfórico (0,1 M, pH = 2,0) e o solvente B era metanol acidificado com 0,5% de H3PO4. A detecção dos compostos foi realizada a 220, 280, 320, 360 e 520 nm, e a para a identificação e a quantificação por comparação com padrões externos.

3.6.4 Atividade antioxidante pelo método do radical ABTS

A determinação ABTS foi realizada de acordo com a metodologia de Sariburun, Şahin, Demir, Türkben e Uylaşer (2010), com algumas modificações. Inicialmente, foi formado o radical ABTS por meio da reação da solução $ABTS^{\cdot+}$ a 7 mM com a solução de persulfato de potássio a 140 mM, incubados à temperatura de 25 °C, no escuro, durante 12 a 16 horas. O radical formado foi diluído em água destilada até se obter o valor de absorbância de 0,800 (±0,020) a 734 nm. A partir de cada extrato foram preparadas seis diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, uma alíquota de 100 µL dos extratos foi transferida para um tubo de ensaio e adicionada de 500 µL do radical ABTS. Então, os tubos de ensaio foram mantidos na ausência de luz por seis minutos. Em seguida, foi realizada a leitura a 734 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics). Também foi preparada uma solução controle que consistiu em uma alíquota de 100 uL do solvente extrator dos extratos adicionada de 500 µL do radical ABTS. A solução “branca”, que consistiu no solvente extrator de cada extrato, foi utilizada para zerar o espectrofotômetro. Como referência, foi utilizado o Trolox e os resultados foram expressos em µM Trolox/g de amostra.

3.6.5 Atividade antioxidante pelo método da capacidade redutora de ferro – FRAP

Para a determinação da atividade antioxidante por meio da redução do ferro (FRAP) foi utilizada a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996), adaptada por Rockenbach, Rodrigues, Gonzaga, Caliari, Genovese, Gonçalves e Fett (2011). O reagente FRAP foi preparado somente no momento da análise, através da mistura de 11 mL de tampão acetato (0,3 M, pH 3,6), 1,1 mL de solução TPTZ (Sal de 2,4,6-Tri-(2-Piridil)-1,3,5-Triazina 1:3 com Ácido p-Toluenosulfônico) a10 mM em HCl a 40 mM e 1,1 mL de solução aquosa de cloreto férrico (20 mM). Para a análise, 200 µL dos extratos foram adicionados a 1800 µL do reagente FRAP em um tubo de ensaio e levados ao banho maria a 37 °C por 30 minutos. Para cada extrato foi

realizado um branco, sem adição do extrato. Em seguida, as absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro (BEL Photonics) a 593 nm. Para determinar a atividade antioxidante (FRAP) foi utilizada curva de calibração com Trolox e os resultados foram expressos em μmol de Trolox/g de amostra.

3.6.6 Perfil dos açúcares e ácidos orgânicos

Os açúcares (glicose, frutose e maltose), ácidos orgânicos (cítrico, succinico, láctico e málico) foram determinados conforme descrito por Ball et al. (2011), por meio de técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando cromatógrafo AGILENT® (modelo 1260 Infinity LC, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), equipado com bomba quaternária de solventes (modelo G1311C), degaseificador, compartimento de colunas termostatizado (modelo G1316A) e amostrador automático (modelo G1329B), acoplado em Detector de Arranjos de Diodos (DAD) (modelo G1315D) e Detector de Índice de Refração (RID) (modelo G1362A). Os dados obtidos foram processados utilizando o software OpenLAB CDS ChemStation EditionTM (Agilent Technologies). Os padrões de glicose e frutose foram obtidos da Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA); o de maltose foi obtido da Chem Service (West Chester, EUA); os padrões para os ácidos cítrico, succínico, láctico e málico foram obtidos da Vetec Química Fina (Rio de Janeiro, Brasil), todos com um grau de pureza ≥ 99%. A água ultrapura foi obtida em sistema MilliQ®, e o ácido sulfúrico da Merck (Darmstadt, Alemanha).

O procedimento analítico seguiu recomendações previamente descritas por Ball et al. (2011). Para determinação dos açúcares maltose, glicose e frutose, a detecção foi feita no RID. A coluna utilizada foi a Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7 mm) com partículas internas de 8,0 μm, protegida com uma coluna de guarda PL Hi-Plex H 5x3 mm (Agilent Technologies). As temperaturas do forno de colunas e detector foram mantidas em 50 ºC. O volume de injeção da amostra (previamente diluída em água ultrapura e filtrada em membrana de 0,45 μm) foi de 10 μL, com fluxo de 0,5 mL/min e tempo de corrida de 20 min. A fase móvel utilizada foi H_2SO_4 4,0 mM/L em água ultrapura.

3.7 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DA BACTÉRIA PROBIÓTICA EM CONDIÇÕES GASTROINTESTINAIS SIMULADAS

Após processamento dos iogurtes caprinos tipo grego, conforme metodologia descrita em 3.3, e armazenamento por 7 dias sob temperatura de refrigeração (4 ± 1 ºC), procedeu-se à avaliação da sobrevivência do *Lactobacillus mucosae* CNPC007 durante a travessia do TGI, de acordo com Oliveira, Garcia, de Oliveira, Gomes, Pintado, Madureira, da Conceição, Queiroga e de Souza (2014) e Madureira, Amorim, Gomes, Pintado e Malcata (2011).

3.7.1 Inoculação das matrizes de leites fermentados

Inicialmente, um conjunto de cinco amostras rotuladas como C1, C2, C3, S1 e S2 foram produzidas. C1 e C2 eram os iogurtes grego controles duplicados, que foram inoculados com a cepa de *L. mucosae*, mas não foram expostos às condições simuladas gastrointestinais; C3 foi o iogurte controle que foi inoculado com a bactéria probiótica e exposto às condições simuladas gastrointestinais (usado para realizar assepticamente os ajustamentos de pH nas etapas sequenciais da digestão simulada). S1 e S2 foram os leites fermentados inoculados e expostos às condições simuladas gastrointestinais. Todas as amostras mencionadas foram preparadas em frascos estéreis de 50 mL. Nestes recipientes, os leites fermentados com as bactérias testadas foram distribuídos em quantidades de 25 g cada.

3.7.2 Simulação das condições gastrointestinais

A via gastrointestinal utilizada é descrita na Tabela 5, incluindo os compostos, o tempo de exposição e as intensidades de agitação empregadas em cada etapa.

Tabela 5 - Condições de processamento utilizadas em cada etapa de digestão simulada.

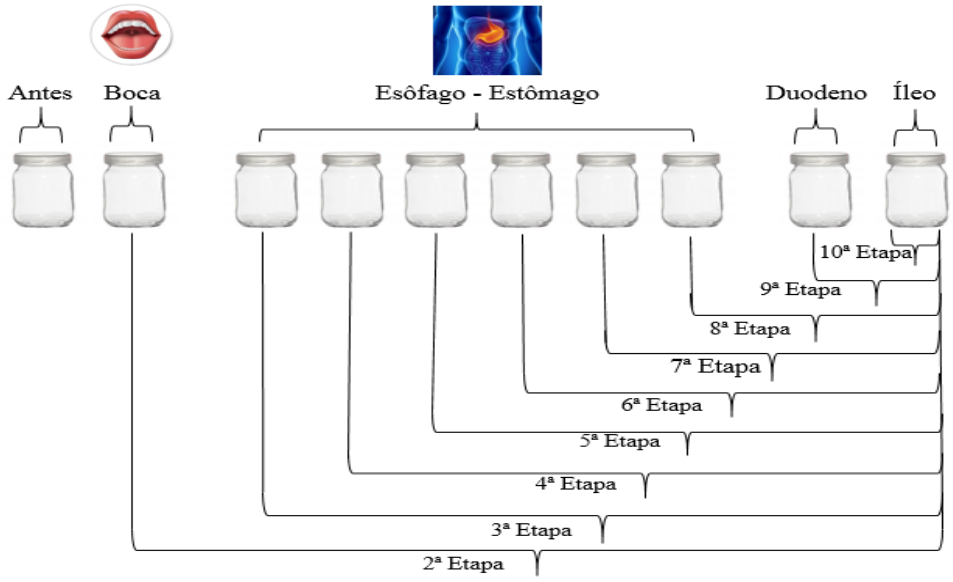
Etapa	Compartimento	Condições	Agitação (rpm)	pH final	Tempo de exposição
1	Antes da boca	-	-	-	-
2	Boca	Soluções de saliva	200	6,9	2

3	Esôfago - estômago	Solução estomacal (pepsina)	130	5,5	10
4				4,6	10
5				3,8	10
6				2,8	20
7				2,3	20
8				2,0	20
9	Duodeno	Solução Intestinal (pancreatina + sais biliares)	45	5,0	30
10	Íleo		45	6,5	60

- **Etapa 1** (Antes da simulação): o leite fermentado foi avaliado nas condições antes de sua ingestão.
- **Etapa 2** (Boca): a mastigação foi simulada utilizando uma solução de saliva preparada com 100 U/mL de α-amilase (Sigma, St. Louis MO, USA) diluída em solução de $CaCl_2$ a 1 mM. A solução de saliva foi adicionada a 25 g das amostras a uma taxa de 0,6 mL/min durante dois minutos. O pH foi ajustado para 6,9, utilizando solução de $NaHCO_3$ a 0,1M.
- **Etapas 3 a 8** (Esôfago-estômago): a solução de pepsina foi adicionada a uma taxa de 0,05 mL/mL para um total de 90 min. A solução de pepsina (Sigma) foi preparada em HCl a 0,1 N em proporção de 25 mg/mL (AURA, 2005). Os pHs dessas etapas foram ajustados de acordo com a Tabela 5, utilizando solução de HCl a 1 M.
- **Etapa 9** (Duodeno): solução intestinal foi adicionada a uma taxa de 0,25 mL/mL (LAURENT; BESANCON; CAPORICCIO, 2007). Essa solução foi preparada utilizando 2 g/L de pancreatina (Sigma) e 12 g/L de sais biliares (Sigma, St. Louis MO, USA), diluídos em solução de $NaHCO_3$ a 0,1 M. Para o ajuste do pH, foi empregada uma solução de $NaHCO_3$ a 0,1 M.
- **Etapa 10** (Íleo): solução de $NaHCO_3$ a 0,1 M foi adicionada para um aumento do pH para 6,5.

A Figura 10 representa um esquema referente à adição das substâncias de cada etapa nas amostras que foram submetidas às condições gastrointestinais simuladas.

Figura 10 - Representação esquemática da adição das substâncias de cada etapa nas amostras que foram submetidas às condições gastrointestinais simuladas.



Diferentes níveis de agitação foram utilizados para simular os movimentos peristálticos (Tabela 5). Todas as soluções das enzimas foram preparadas em frascos e esterilizadas por filtração, usando membrana filtrante de 0,22 µm (Milipore, Billerica MA, USA) antes de seu uso. Após esterilização, todas as soluções foram mantidas em banho de gelo durante todo o período de simulação. Uma câmara de incubação (TECNAL®, TE-424, Orbital Shaker Incubadora, São Paulo, SP, Brasil) a 37 °C e agitação mecânica foi usada para simular a temperatura do corpo humano e os movimentos peristálticos, com intensidades semelhantes às atingidas em cada compartimento digestivo. As contagens das células viáveis de *L. mucosar* adicionado aos iogurtes expostos a cada condição gastrointestinal simulada foram determinadas por meio da preparação de diluições seriadas decimais com água peptonada esterilizada [0,1 g/100 mL (Sigma, St. Louis MO, EUA)]. Estas diluições foram posteriormente semeadas, conforme método proposto por London, Chaurin, Auty, Fenelon, Fitzgerald, Ross e Stanton (2015).

3.8 ANÁLISE SENSORIAL

A pesquisa foi realizada com 100 colaboradores não treinados, representados por estudantes e servidores da UFCG – *Campus* de Cuité. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa com CAAE: 02226912.0.0000.5188 (Anexo B). O painel foi selecionado com

base nos hábitos e interesse em consumir leite fermentado, constituído tanto pelo gênero feminino como masculino, com faixa etária variando de 18 a 45 anos de idade, não apresentando nenhum problema de saúde ou deficiência física que viesse a comprometer a avaliação sensorial dos produtos. Inicialmente, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Apêndice B) aos colaboradores da pesquisa. Após a concordância em participar da pesquisa, foi entregue um questionário (Apêndice C) para os mesmos, contendo perguntas socioeconômicas, tais como: faixa etária, sexo, grau de escolaridade, estado civil, número de pessoas que residem junto ao entrevistado e a faixa salarial. No questionário também constavam perguntas quanto ao conhecimento sobre o leite caprino e seus derivados e dados sobre o consumo, como a frequência e os fatores que determinam a compra do leite caprino e seus derivados. Os dados coletados através dos questionários aplicados foram digitados no Excel 2013 (Microsoft®) para elaboração dos gráficos e obtenção dos resultados.

3.8.1 Análise sensorial das geleias

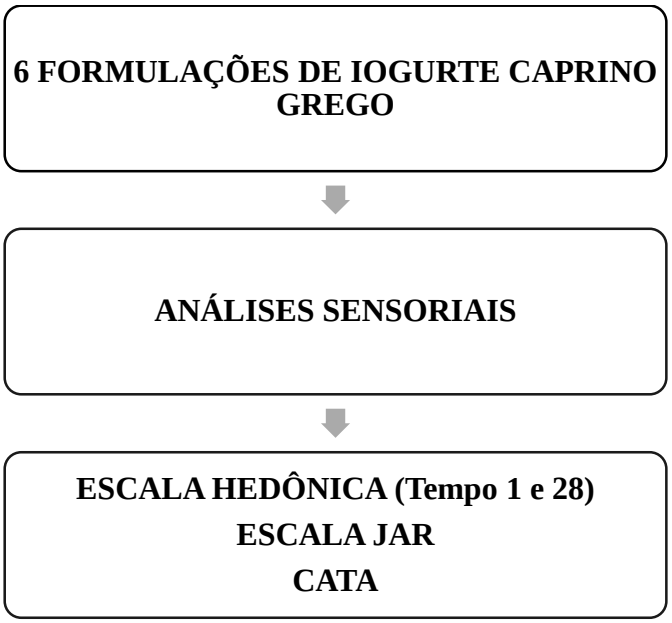
Os consumidores avaliaram sensorialmente as três formulações de geleias com relação à aceitação em escala hedônica utilizando uma ficha que exibe termos variando de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”. Os avaliadores foram orientados a marcar a opção que melhor se adequava ao produto, em relação a vários atributos sensoriais (Apêndice D) (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012). Os resultados foram obtidos através da substituição de cada termo hedônico por seu escore respectivo, de forma decrescente, do escore 9 (“gostei extremamente”) ao escore 1 (“desgostei extremamente”).

3.8.2 Análise sensorial dos iogurtes

Antes das análises sensoriais, os iogurtes e as geleias foram submetidos às análises microbiológicas para avaliar a qualidade higiênico-sanitária, e, portanto, verificar se os leites fermentados estavam dentro dos padrões recomendados pela legislação vigente (BRASIL, 2007).

O estudo sensorial desenvolvido nesta pesquisa contemplou os testes de aceitação em escala hedônica para a avaliação da aparência, cor, aroma, sabor, consistência e aceitação global e intenção de compra das diferentes formulações, além dos testes *Check All That Apply* (CATA) e a escala JAR. A Figura 11 ilustra as diferentes etapas do estudo sensorial.

Figura 11 – Ilustração representativa dos testes sensoriais realizados.



As amostras foram mantidas sob refrigeração (4 ± 1 ºC) até realização das análises. As embalagens foram abertas para degustação somente no momento imediatamente anterior à realização dos testes. Para todos os testes, as amostras foram apresentadas em quantidade em torno de 10 g, em copos plásticos brancos de 50 mL, identificados com números de 3 dígitos aleatórios. A apresentação foi realizada de forma monádica e em blocos completos balanceados segundo metodologia descrita por MacFie, Greenhoff e Vallis (1989). Foram disponibilizados, durante todos os testes, água e biscoito de água para os participantes realizarem a limpeza da cavidade oral entre a degustação de cada amostra. Os testes foram realizados em cabines individuais utilizando-se de luz branca, longe de ruídos e odores, em horários que não compreendiam uma hora antes e duas horas após o almoço.

3.8.2.1 Aceitação em escala hedônica (impressão global) e intenção de compra

Ao longo da vida de prateleira dos iogurtes, os consumidores avaliaram a aceitação em escala hedônica para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, consistência e aceitação global (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012). Os provadores atribuíram valores às amostras, numa escala hedonística estruturada com nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Os formulários (Apêndice D) destinados a este teste contêm campos que possibilitam aos provadores anotar descrições que julgarem importantes. Os

iogurtes foram considerados aceitos quando obtiveram média igual ou superior a 5,0 (equivalente ao termo hedônico “nem gostei/nem desgostei”). Paralelamente, foi avaliada a intenção de compra. Para tanto, foi empregado uma escala hedônica estruturada com cinco pontos (1 = jamais compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = compraria) (Apêndice D).

3.8.2.2 Escala Just About Right (JAR)

As amostras foram avaliados quanto a intensidade dos atributos cor, aroma caprino, aroma de fruta, consistência, textura, doçura e acidez do iogurte utilizando-se a Escala com 5 pontos. Essa escala, variou de 1, “Extremamente menor que o ideal, a 5, “Extremamente maior que o ideal”. (BELISARIO, et al. 2014; DUTCOSKY, 2011)

3.8.2.3 Check All That Apply (CATA)

Os participantes da análise CATA responderam a um questionário (Apêndice F), contendo 31 atributos sensoriais para descrever as amostras, de acordo com metodologia descrita por Ares, Bruzzone e Giménez (2011). Para evitar tendenciamento, a posição dos termos no questionário foi balanceada de acordo com metodologia adaptada recomendada por Ares, Etchemendy, Antúnez, Vidal, Giménez e Jaeger (2014). Cada termo ocupou todas as posições nas fichas o mesmo número de vezes, gerando 110 modelos diferentes de fichas. Após a avaliação de todas as amostras, os consumidores foram convidados a responder um questionário CATA igual, marcando os termos que consideraram que descrevia o iogurte caprino grego ideal, de acordo com o sugerido por Bruzzone, Vidal, Antúnez, Giménez, Delisa e Ares (2015).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a avaliação dos resultados referentes às análises tecnológicas, físicas, físico-químicas, aceitação sensorial, intenção de compra dos produtos, microbiológicas (viabilidade

durante armazenamento e simulação do TGI) e perfil químico foram aplicados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, para comparação das médias. Para o cálculo destes dados, utilizou-se o *software* Statistica, versão 13 (StatSoft). Os gráficos foram plotados utilizando o *software* Matlab, versão R2019b.

Os resultados das análises sensoriais CATA e escala JAR foram processados usando o *software* SPSS, versão 23 e o Software R, versão 3.6.0, tendo como passo inicial a análise descritiva das variáveis envolvidas para entender o comportamento da amostra por meio de medidas de posição e dispersão para as variáveis quantitativas e o estudo das frequências absolutas e percentuais para as variáveis qualitativas. Para todos os testes estatísticos utilizou-se o nível de 5% de significância. Para identificar se houve diferenças significativas entre as amostras para cada termo utilizado no questionário CATA, utilizou-se o teste Q de Cochran**,** que avaliou a hipótese nula de que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) para aquele atributo entre as amostras, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma das amostras difere de forma significativa ($p \leq 0,05$) das demais em relação à presença deste atributo.

Para o formulário JAR, a diferença entre as amostras foi testada usando o teste Friedman, pelo fato de termos uma escala de valores em cada atributo. Este teste não-paramétrico avalia a hipótese nula de que para um determinado atributo não ocorrem diferenças significativas nas respostas entre as amostras, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma amostra tem diferença significativa ($p < 0,05$) para o atributo em questão.

Para os dois questionários (CATA e JAR), construiu-se a tabela de contingência a fim de verificar o cruzamento entre cada atributo e a amostra em questão. Em seguida, aplicou-se o teste Qui-quadrado de Independência para verificar se a resposta para tal atributo independe ($p > 0,05$) do tipo de amostra ou se de fato a resposta para tal atributo está associada de forma significativa ($p \leq 0,05$) com a amostra em questão. Além disto, para cada atributo construiu-se também o *gráfico radar* para identificar a tendência de resposta dos avaliadores. Ainda foi realizada a Análise de Correspondência (AC) para obter uma representação bidimensional da relação entre as amostras e atributos citados nos dois questionários (JAR e CATA), sendo esta análise realizada sobre a tabela de frequência contendo as amostras nas linhas e os atributos do questionário nas colunas. Foi aplicada também a Análise de Componentes Principais (ACP) a fim de identificar semelhanças nas respostas aos questionários. A partir das características dos atributos, foi possível agrupar amostras semelhantes a partir da Análise de Cluster.

Já os resultados dos testes sensoriais de ordenação-preferência foram analisados de acordo com o teste de Friedman, utilizando-se da Tabela de Newell Mac Farlane (FARIA;

YOTSUYANAGI, 2002). Detalhes teóricos sobre os testes utilizados podem ser encontrados em Bussab e Morettin (1987) e Greenacre (2007).

REFERÊNCIAS

ABEIJÓN M. M. C.; HARO, C.; GONZÁLEZ, S. N.; MEDINA, R. B. *Lactobacillus fermentum*, antioxidants, bioavailability, ferulic acid, feruloyl esterase, functional foods, glutathione-disulfide reductase, goat cheese, in vivo studies, large intestine, mice, mucosa, ripening, starter cultures, thiobarbituric acid-reactive substances. **Journal of functional foods,** v.5, n.2, p. 801-809, 2013.

ADAM, J. K.; ODHAV, B.; NAIDU, K. S. B. Probiotics: recent understandings and biomedical applications. **Current Trends in Biotechnology and Pharmacy,** v. 6, n. 1, p. 1-14, 2012.

ADATI, R. T. **Estudo biofarmacognóstico *'Campomanesia phaea (*O. Berg*.) Landrum', "Myrtaceae"***. 2001. Dissertação (Mestrado em Insumos Farmacêuticos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ADRIANO, E.; LEONEL, S. Fenologia da aceroleira cv. Olivier em Junqueirópolis-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 469-474, 2012.

AHMED, A. S.; EL-BASSIONY, T.; ELMALT, L. M.; IBRAHIM, H. R. Identification of potent antioxidant bioactive peptides from goat milk proteins. **Food Research International**, v. 74, n. 2, p. 80-88, 2015.

ALVES, S.; JENNINGS, W. G. Volatile composition of certain Amazonian fruits**. *Food Chemistry***, v. 4, n. 2, p. 149-159, 1979.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – INTERNATIONAL **Official Methods of Analysis**. 18. ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA, 2016.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 4ª ed., cap. 7, p. 63-67, 2001.

AQUINO, A. C. M. S.; MÓES, R. S.; CASTRO, A. A. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 2, p. 154-163, 2011.

ARAÚJO, T. F.; FERREIRA, E. G.; SOUZA, J. R. M.; BASTOS, L. R.; FERREIRA, C. L. L. F. Desenvolvimento de iogurte tipo Sundae sabor maracujá feito a partir de leite de cabra. **Revista do Instituto de Lacticínios Candido Torres.** v. 67, n. 384, p. 48-54, 2012.

ARES, G.; BRUZZONE, F.; GIMÉNEZ, A. Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, p. 363-370, 2011.

ARES, G.; ETCHEMENDY, R.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; GIMÉNEZ, A.; JAEGER, S. Visual attention by consumers to check-all-that-apply questions: Insights to support methodological development. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 210-220, 2014.

ARIZA, M. T.; REBOREDO-RODRÍGUEZ, P.; MAZZONI, L.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; GIAMPIERI, F.; AFRIN, S.; GASPARRINI, M.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; BATTINO, M.; MEZZETTI, B. Strawberry achenes are an important source of bioactive compounds for human health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, p. 1103-1117, 2016.

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

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

BANCO DO NORDESTE (2006). **Perfil socieconômico do Paraíba**. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4476032/PB+Perfil+2015.pdf/e2bdc4f3-7a32-ed38-3311-a3ffb51cd0fa.

BASON, C.E.; GROENEWALD, J-H.; KOSSMANN, J.; CRONJÉ, C.; BAUER, R. Sugar and acid-related quality attributes and enzyme activities in strawberry fruits: Invertase is the main sucrose hydrolysing enzyme. **Food Chemistry**, v.121, 2010.

BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B. Caprinovinocultura no semiárido brasileiro - fatores limitantes e ações de mitigação. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido.** v. 11, n. 2, p. 1-9, 2015.

BENYOUCEF, A.; HANSAL, N.; SAID, L.; SAID, M. A. E. H.; BENTABET, H.; KIHAL, M.; BENMECHERNENE, Z. Evaluation of technological properties of *Leuconostoc mesonteroides* (V1) strain isolated from Algerian goat's milk. **Advances in Environmental Biology**, v. 11, n 1, p. 26-38, 2017.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Anal Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BEZERRA, M. F.; SOUZA, D. F. S; CORREIA, R. T. P. Acidification kinetics, physicochemical properties and sensory attributes of yoghurts prepared from mixtures of goat and buffalo milks. **International Journal of Dairy Technology**. v. 65, n. 3, p. 437-443, 2012.

BILKOVÁ, A.; SEPOVÁ, H. K.; BUKOVSKÝ, M.; BEZÁKOVÁ, L. Antibacterial potential of lactobacilli isolated from a lamb. **Veterinary Medicine**, v. 56, n. 7, p. 319-324, 2011.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. **Food Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 255-260, 2002.

BRASIL. **Resolução CNNPA n° 12, de 24 de julho de 1978.** Dispõe sobre Normas e Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos e bebidas, para efeito em todo território brasileiro. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 24 de julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados.** Instrução Normativa N.º 46, de 23 de outubro de 2007.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 3, p. 191-197, 2012.

CARVALHO, R. A. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açú, Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p. (Documento, 49).

CARVALHO, A. V.; DA SILVEIRA, T. F. F.; MATTIETTO, R. A.; DE OLIVEIRA, M. S. P.; GODOY, H. T. Chemical composition and antioxidant capacity of açaí (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**, v. 7, n. 6, p. 1267-1271, 2015.

CHADHA K. L.; PAREEK O. P. Genetic resources of fruit crops: Achievements and gaps. **Indian Journal of Plant Genetic Resources**, v. 1, n. 1, p. 43-48, 1988.

CHOUCHOULI, V., KALOGEROPOULUS, N., KONTELES, S. J., KARVELA, E., MAKRIS, D. P., KARATHANOS, V. T. Fortification of yogurts with grapes (*Vitis vinifera*) seed extracts. **LWT – Food Science and Technology,** v. 53, p. 522-529, 2013.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: Ed UFLA,785 p., 2005.

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

CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS (2018). **Resolução CFN nº 600, de 25 de fevereiro de 2018.** Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/resolucoes/Res_600_2018.htm.

CORREIA, R. T. P.; BORGES, K. C.; MEDEIROS, M. F.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, v. 18, n. 6, p. 539-547, 2012.

COSTA, R. C. Ecofisiologia, rendimento e qualidade de morangueiro de dias neutros cv. Albion em diferentes substratos. 2012. 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

CUNHA NETO, T.; RABELO, M.C.; BERTINI, C.H.C.M.; MARQUES, G.V.; MIRANDA, M.R.A. Caracterização agronômica e potencial antioxidante de frutos de clones de aceroleira. **Revista Ciências Agronômicas,** v. 43, n. 4, p. 713-721, 2012.

DAMIANI, C.; DE ALMEIDA, A. C. S.; FERREIRA, J.; ASQUIERI, E. R.; VILAS BOAS, E. V. B.; DA SILVA, F. A. Doces de corte formulados com casca de manga. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, 2011.

DE ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola.** Campinas: Fundação Cargill, 1994. 81p.

DE MELO NETO, B. A.; CARVALHO, E. A.; DE MELO, G. J. A.; BARRETO, W. S.; DO SACRAMENTO, C. K. Caracterização físico-química de geléia de pitanga roxa (*Eugenia uniflora L.*). In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

DE MORAES, G. M. D.; DE ABREU, L.; DO EGITO, A. S.; SALLES, H. O.; DA SILVA, M. F.; NERO, L. A.; TODOROV, S. D.; DOS SANTOS, K. M. O. Functional properties of *Lactobacillus mucosae* strains isolated from Brazilian goat milk. **Probiotics and Antimicrobial Proteins,** v. 9, n. 3, p.235-245, 2017.

DE MORAES, G. M. D.; DOS SANTOS, K. M. O.; DE BARCELOS, S. C.; LOPES, S. A.; DO EGITO, A. S. Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct

culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. **LWT – Food Science and Technology**, v. 94, p.57-63, 2018.

DE OLIVEIRA, M. E. G.; GARCIA, E. F.; DE OLIVEIRA, E. V.; GOMES, A. M. P.; PINTADO, M. E.; MADURIRA, A. R. M. F.; DA CONCEIÇÃO, M. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; DE SOUZA, E. L. Addition of probiotic bacteria in a semi-hard goat cheese (coalho): Survival to simulated gastrointestinal conditions and inhibitory effect against pathogenic bacteria. **Food Research International**, v. 64, n. 2, p. 241-247, 2014.

DE SANTIS, D.; GIACINTI, G.; CHEMELLO; G. FRANGIPAN, M. T. Improvement of the sensory characteristics of goat milk yogurt. **Journal of Food Science,** v. 84, n. 8, p. 2289-2296, 2019.

DO AMARANTE, C. V. T.; DOS SANTOS, K. L. Feijoa (*Acca sellowiana*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, 2011.

DO ESPÍRITO SANTO, A. P.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; OLIVEIRA, M. N. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics, texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. **LWT – Food Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 393-399, 2012.

DERRIEN, M.; VLIEG, J. E. T. H. Fate, activity, and impact of ingested bacteria within the human gut microbiota. **Trends in Microbiology**, v. 2, n. 3, p. 354-66, 2015.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** 3ª Ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

EGITO, A. S.; MICLO, L.; LOPEZ, C.; ADAM, A. T.; GIRARDET, J.-M.; GAILLARD, J. L. 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.

EL-ABBADI, N. H.; DAO, M. C.; MEYDANI, S. N. Yogurt: Role in healthy and active aging. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 99, p. 1263S-1270S, 2014.

EL-AGAMY, E. I. The challenge of cow milk protein allergy. **Small Ruminant Research,** v. 68, n. 1–2, p. 64-72, 2007.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Novo censo agropecuário mostra crescimento de efetivo de caprinos e ovinos no Nordeste**. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/busca-de-noticias/-

/noticia/36365362/novo-censo-agropecuario-mostra-crescimento-de-efetivo-de-caprinos-e-ovinos-no-nordeste.

ETZOLD, S.; KOBER, O. I.; MACKENZIE, D. A.; TAILFORD, L. E.; GUNNING, A. P.; WALSHAW, J.; HEMMINGS, A. M.; JUGE, N. Structural basis for adaptation of *lactobacilli* to gastrointestinal mucus. **Environmental Microbiology**, v. 16, p. 888-903, 2014.

FAO/WHO – Food and agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. **Guidelines for the evaluation of probiotics in food.** Organization Working group report. London Ontario, Canadá, 2002. Disponível em: ftp:/ /ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf.

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

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

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

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

GARCÍA, V.; ROVIRA, S.; BOUTOIAL, K.; LÓPEZ, M. B. Improvements in goat milk quality: A review. **Small Ruminant Research**, v. 121, n. 1, p. 51-57, 2014.

GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; BATTINO, M. Effects beyond antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 1, p. 3867-3876, 2014.

GOMES, J. J. L.; DUARTE, A. M.; BATISTA, A. S. M.; DE FIGUIREDO, R. M. F.; DE SOUSA, E. P.; DE SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. 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**, v. 54, n. 1, p. 18-24, 2013.

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

GUIMARÃES, G. R. **Avaliação sensorial da geleia de bacuri**. 2012. 50f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2012.

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

HAENLEIN, G. F. W.; ANKE, M. Mineral and trace element research in goats: A review. **Small Ruminant Research**, v. 95, n. 1, p. 2-19, 2011.

HARDY, H.; HARRIS, J.; LYON, E.; BEAL, J.; FOEY, A. D. Probiotics, prebiotics and immunomodulation of gut mucosal defences: homeostasis and immunopathology. **Nutrients**, v. 5, n. 6, p. 1869-1912, 2013.

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

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

ILLUPAPALAYAM, V. V., SMITH, S. C., GAMLATH, S. Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices. **LWT – Food Science and Technology**, v. 55, p. 255-262, 2014.

JANDAL, J. M. Comparative aspects of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 22, n. 2, p. 177-185, 1996.

JUNQUEIRA, K. P.; PIO, R.; VALE, M. R.; RAMOS, J. D. **Cultura da aceroleira**. Lavras - MG: UFLA, 2002 (Boletim de Extensão).

KARRASLAN, M.; OZDEN, M.; VARDIN, H.; TURKOGLU, H. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, p. 1065-1072, 2011.

KÜCÜKCETIN, A.; DEMIR, M.; ASCI, A.; COMAK, E. M. Graininess and roughness of stirred yoghurt made with goat's, cow's or a mixture of goat's and cow's milk. **Small Ruminant Research**, v. 96, p. 173-177, 2011.

KULLISAAR, T. SONGISEPP, E. MIKELSAAR, M., ZILMER, K.; VIHALEMM, T. ZILMER M. Antioxidative probiotic fermented goats' milk decreases oxidative stress-mediated atherogenicity in human subjects. **British Journal of Nutrition,** v.90, p. 449–456, 2003.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini Lamarck*): processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. **Food Science and Technology (Campinas)**, p. 847-852, 2006.

LAVILLA-LERMA, L.; PÉREZ-PULIDO, R.; MARTÍNEZ-BUENO, M.; MAQUEDA, M.; VALDIVIA, E. Characterization of functional, safety, and gut survival related characteristics of *Lactobacillus* strains isolated from farmhouse goat's milk cheeses. **International Journal of Food and Microbiology**, v.163, p.136-145, 2013.

LAMOTHE, S.; AZIMY, N.; BAZINET, L.; COUILLARD, C.; BRITTEN, M. Interaction of green tea polyphenols with dairy matrices in a simulated gastrointestinal environment. **Food & Function**, v. 5, p. 2621-2631, 2014.

LEE, N.-K.; KIM, S.-Y.; HAN, K. J.; EOM, S. J.; PAIK, H.-D. Probiotic potential of *Lactobacillus* strains with anti-allergic effects from kimchi for yogurt starters. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 130-134, 2014.

LIMA, K. G. C.; KRUGER, M. F.; BEHERENS, J.; DESTRO, M. T.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B. D. G. M. Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, p. 491-495, 2009.

LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2926-2930, 2002.

LONDON L. E. E.; CHAURIN, V.; AUTY, M. A. E.; FENELON, M. A.; FITZGERALD, G. F.; ROSS, P. R.; STANTON, C. Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. **International Dairy Journal,** v. 40, p. 33-38, 2015.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A.L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal Biological Chemistry**, v. 193, n. 2, p. 265-275, 1951.

MACEDO JUNIOR, G. L., FERREIRA, I. C.; PEREIRA, A. R.; RODRIGUES, V. J. C.; ANDRADE, M. E. B.; GONÇALVES, M. F. Efeito de diferentes fontes de energia sobre a

produção e Qualidade do leite e do queijo de cabras. **Veterinária Notícias,** v. 21, n. 1, p. 54-62, 2015.

MADUREIRA, A. R.; AMORIM, M.; GOMES, A. M.; PINTAO, M. E.; MALCATA, F. X. Protective effect of whey cheese matrix on probiotic strains exposed to simulated gastrointestinal conditions. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 465-470, 2011.

MARUYAMA, L. Y.; CARDARELLI, H. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Textura instrumental de queijo petit–suisse potencialmente probiótico: Influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 386-388, 2006.

MERCALI, G. D.; SCHWARTZ, S.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. S.; SASTRY, S. Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: Effect of electric field frequency. **Journal of Food Engineering**, v.123, p.1-7, 2014.

MEZADRI, T. et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4 , p. 282-290, 2008.

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

NABATANZI, A.; KABASA, J. D.; NAKALEMBE, I. Phytochemicals and antioxidant properties of five wild edible plants consumed by pregnant women in Buikwe District, Uganda. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**, v. 7, n. 6, p. 126-1271, 2015.

NERI-NUMA, I. A.; CARVALHO-SILVA, L. B.; MORALES, J. P.; MALTA, L. G.; MURAMOTO, M. T.; FERREIRA, J. E. M.; DE CARVALHO, J. E.; RUIZ, A. L. T. G.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata Mc Vaugh — Myrtaceae*) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research Internationa**l, v. 50, n. 1, p. 70-76, 2013.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; DE MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; DA SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do estádio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

OLALLA, M.; RUIZ-LÓPEZ, M. D.; NAVARRO, M.; ARTACHO, R.; CABRERA, C.; GIMÉNEZ, R., Nitrogen fractions of Andalusian goat milk compared to similar types of commercial milk. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p.835-838. 2009.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S; KOBAYASHI. A. K; RITZINGER, R. Aspectos botânicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI. A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2003.198 p.

OLIVEIRA, R. P; NINO A. F. P, SCIVITTARO, W. B. Mudas certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, v. 108, p. 35-38, 2005.

OLIVEIRA, A., ALEXANDRE, E. M. C., COELHO, M., LOPES, C., ALMEIDA, D. P. F., PINTADO, M. Incorporation of strawberries preparation in yogurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. **Food Chemistry**, v. 171, p. 370-378, 2015.

PARK, Y.W. Goat milk and human nutrition. In: FIRST ASIA DAIRY GOAT CONFERENCE, 1, 2012, Kuala Lumpur. **E-Proceedings.** Kuala Lumpur: Universiti Putra Malaysia and The Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2012, p. 31–38.

PARK, Y. W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G. F. W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research,** v. 68, p. 88-113, 2007.

POSECION, N. C.; CROWE, N. L.; ROBINSON, R.; ASIEDU, S. K. The development of a goat´s milk yogurt. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v. 85, p.1909-1913, 2005.

QUEIROGA, R. D. C. R. E.; SOUSA, Y. R. F. S.; DA OLIVEIRA, M. G. F.; DE SOUSA, M. E. G.; HOLTZ, H. M. Elaboração de iogurte com leite caprino e geleia de frutas tropicais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 489-496, 2011.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specifity, and limit of determination of an aqueous acidextraction thiobarbituric acid – C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 11, p. 2182-2185, 1992.

RAMOS, T. M.; GAJO, A. A.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R.; PINHEIRO, A. C. Perfil de textura de iabneh (iogurte grego). **Revista do Instituto de Laticíneos "Cândido Tostes",** n. 369, p. 8-12, 2009.

RANADHEERA, C. S.; EVANS, C. A.; ADAMS, M. C.; BAINES, S. K. Probiotic viability and physic-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yoghurts made from goat's milk. **Food Chemistry**, v.135, 1411-1418, 2012.

RIGHETTO, A. M.; NETTO, F. M.; CARRARO, F. Chemical composition and antioxidant activity of juices from mature and immature acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Food Science and Technology International**, v. 11, n. 4, p. 315-321, 2005.

RIENER, J.; NOCI, F.; CRONIN, D. A.; MORGAN, D.J.; LYNG, J. G. A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 1108-1113, 2010.

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

ROOS, S.; KARNER, F.; AXELSSON, L.; JONSSON, H. *Lactobacillus mucosae* sp. nov., a new species with in vitro mucus-binding activity isolated from pig intestine. **International Journal of Systematic Evolution Microbiology.** v. 50, p. 251-258, 2000.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

RUTELLA, G. S., TAGLIAZUCCHI, D., SOLIERI, L. Survival and bioactivities of selected probiotic lactobacilli in yogurt fermentation and cold storage: New insight for developing a bi-functional dairy food. **Food Microbiology**, v. 60, p. 54-61, 2016.

SAINT-EVE, A., LEVY, C., MARTIN, N., SOUCHON, I. Influence of proteins on the perception of flavored stirred yogurts. **Journal of Dairy Science**, n. 89, p. 922-933, 2006.

SANTOS, B. M.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUSA, Y. R. F.; MADUREIRA, A. R. M. F. M.; PINTADO, M. M. E.; GOMES, A. M. P.; SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 3, p. 302-310, 2011.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERIN, U.; PROSSER, C. G. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2-3, p. 110-124, 2010.

SONGISEPP, E.; KALS, J.; KULLISAAR, T. MÄNDAR, R.; HÜTT, P.; ZILMER, M. MIKELSAAR, M. Evaluation of the functional efficacy of an antioxidative probiotic in healthy volunteers. **Nutrition Journal,** v. 22, n.2, p. 1-10, 2005.

SUMARMONO, J.; SULISTYOWATI, M.; SOENARTO. Fatty acids profiles of fresh milk, yogurt and concentrated yogurt from Peranakan Etawah goat milk. **Procedia Food Science**, v. 3, p. 216-222, 2015.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. 161 p.

TAGLIAZUCCHI, D.; VERZELLONI, E.; BERTOLINI, D.; CONTE, A. *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. **Food Chemistry**, v. 120, p. 599-606, 2010.

TAGLIAZUCCHI, D.; HELAL, A.; VERZELLONI, E.; CONTE, A. The type and concentration of milk increase the in vitro bioaccessibilty of coffee chlorogenic acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 11056-11064, 2012.

THUM, C.; COOKSON, A.; MCNABB, W. C.; ROY, N. C.; OTTER, D. Composition and enrichment of caprine milk oligosaccharides from New Zealand Saanen goat cheese whey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 42, p. 30-37, 2015.

TORAL, P. G., et al. Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and composition in cows and goats. **Journal of dairy Science.** v.98, n.10, p. 7277-7297, 2015.

TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; BUSCO, M.; BOMPADRE, S.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Strawberry consumption improves plasma antioxidant haemolysis in humans. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 180-186, 2011.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, n. 2, p. 225-241, 2014.

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

STONE, H.; BLEIBAUM, R.N.; THOMAS, H.A. **Sensory evaluation practices**. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2012. 438 p.

VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. **International Dairy Journal,** v. 18, n. 12, 2008, p. 1146-1152, 2008.

VALERIANO, V. D. V. KYOUNG OH, J. BAGON, B. B. KIM, H. KANG, D. Comparative genomic analysis of *Lactobacillus mucosae* LM1 identifies potential niche-specific genes and pathways for gastrointestinal adaptation. **Genomics,** v. 111, n 1, p. 24-33, 2019.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia L.*) at three stages of maturity. Food Chemistry, v. 71, n. 2, p.195-198, 2000.

VINDEROLA, C. G.; REINHEIMER, J. A. Enumeration of *L. casei* in the presence of *L. acidophilus, bifidobacteria* and lactic starter bacteria in fermented dairy products. **International Dairy Journal**, v. 10, n. 4, p. 271-275, 2000.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA F. C. **Alimentos funcionais: conceitos básicos.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 20 p. – (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 312), 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 of Clinical Laboratory Automation**, v. 8, n. 4, p. 170-177, 1986.

YANGILAR, F. As a potentially functional food: Goat milk and products. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 4, p. 68-81, 2013.

ZEPPA, G.; CONTERNO, L.; GERBI, V. Determination of organic acids, sugars, diacetyl, and acetoin in cheese by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 6, p. 2722-2726, 2001.
.

4 RESULTADOS

Os resultados do estudo proporcionaram a elaboração de uma patente e quatro artigos científicos. A patente depositada sob o número de registro: BR 10 2019 016456-5 contempla um dos produtos desenvolvidos e foi intitulada: “Iogurte caprino tipo grego probiótico com cultura adjunta autóctone e geleia mista de morango e acerola produto e processo” (APÊNDICE F). Os artigos foram compostos por: “Caracterização das propriedades tecnológicas, físico-químicas e sensoriais de geleias de frutas tropicais” publicado na Research, Society and Development. (CiteFactor: 1,78 (2020-21) “Autochthonous adjunct culture of *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 improvement the techno-functional, physicochemical, and sensory properties of goat milk Greek-style yogurt” Submetido ao Journal of Dairy Science (4.034 2020 Impact Factor). Incorporation of mixed strawberry and acerola jelly into Greek-style goat yoghurt with autochthonous adjunct culture of *Limosilactobacillus mucosae* (CNPC007): Impact on technological, nutritional, bioactive and microbiological parameters.” Submetido a LWT - Food Science & Technology (Impact Factor is 4.952) e “Caracterização sensorial de iogurte caprino tipo grego adicionado de geleia mista de morango e acerola e cultura adjunta *L. mucosae* cnpc007 usando os metodos teste de aceitação e intenção de compra, *check-all-that-apply* (CATA) e escala *just-about-right* (JAR).

4.1 ARTIGO 1

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

Caracterização das propriedades tecnológicas, físico-químicas e sensoriais de geleias de frutas tropicais

Characterization of technological, physicochemical and sensory properties of tropical fruit jellies

Caracterización de las propiedades tecnológicas, fisicoquímicas y sensoriales de las jaleas de frutas tropicales

Recebido: 22/07/2021 | Revisado: 30/07/2021 | Aceito: 31/07/2021 | Publicado: 06/08/2021

Jéssica Lima de Morais
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1511-9114
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: jessicamorais-pb@hotmail.com
Mayara Gabrielly Germano de Araújo
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2966-7875
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: mayaragabrielly.c@gmail.com
Edson Douglas Silva Pontes
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7642-9466
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: edsondspontes@gmail.com
Vanessa Bordin Viera
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4979-4510
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: vanessa.bordinviera@gmail.com
Rossana Maria Feitosa Figueiredo
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6187-5826
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: rossanamff@gmail.com
Maria Elieidy Gomes de Oliveira
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9870-9381
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: elieidynutri@yahoo.com.br

Resumo

Neste estudo objetivou-se desenvolver e caracterizar três formulações de geleia, utilizando morango e acerola de forma isolada e mista. Foram elaboradas três formulações: GA - geleia de acerola; GM - geleia de morango; GAM - geleia mista de acerola e morango. Para a caracterização das amostras foram realizadas análises de determinação de pH, °Brix, acidez total titulável (ATT) viscosidade, umidade, açucares totais (AT), glicose, sacarose, atividade antioxidante (FRAP e ABTS) e do conteúdo total de fenólicos e flavonoides. Além disto, as amostras foram submetidas a teste de aceitação sensorial com 100 provadores não treinados para verificar a opinião dos mesmos em relação aos atributos aparência, cor, aroma, sabor, consistência, avaliação global e intenção de compra. Os resultados demonstraram que as geleias apresentaram teores de sólidos solúveis (ºBrix) variando entre 56-68,17 °Brix, os quais foram suficientes para a formação do gel. As geleias não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) apenas para os parâmetros de pH, AT e sacarose. A viscosidade das geleias diminuiuram de acordo com o aumento da temperatura. Neste estudo percebeu-se que a mistura das duas frutas aumentou a aceitação sensoriais dos atributos avaliados; todavia, em termos de funcionalidade e aspectos tecnológicos, a geleia feita apenas com acerola apresentou maiores atividades antioxidantes e viscosidade em temperaturas mais elevadas, o que as torna como opções interessantes para indústria de produtos derivados de frutas.

Palavras-chave: Frutas tropicais; Compostos bioativos; Conservação de frutas; Análise sensorial.

Abstract

This study aimed to develop and characterize three jelly formulations, using strawberry and acerola in an isolated and mixed form. Three formulations were developed: GA - acerola jelly; GM - strawberry jam; GAM - mixed acerola and strawberry jam. For the characterization of the samples, analyzes were carried out to determine pH, °Brix, total titratable acidity (TT), viscosity, moisture, total sugars (TA), glucose, sucrose, antioxidant activity (FRAP and ABTS) and total content of phenolics and flavonoids. In addition, the samples were submitted to a sensory acceptance test with 100 untrained tasters to verify their opinion in relation to the attributes appearance, color, aroma, flavor, consistency, global evaluation and purchase intention. The results showed that the jellies had soluble solids contents

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

(ºBrix) ranging between 56-68.17 °Brix, which were sufficient for gel formation. The jellies showed no significant difference ($p \geq 0.05$) only for the pH, AT and sucrose parameters. The viscosity of the jellies decreased with increasing temperature. In this study it was noticed that the mixture of the two fruits increased the sensorial acceptance of the evaluated attributes; however, in terms of functionality and technological aspects, the jelly made only with acerola showed greater antioxidant activities and viscosity at higher temperatures, which makes them interesting options for the fruit-derived industry.
Keywords: Tropical fruits; Bioactive compounds; Conservation of fruits; Sensory analysis.

Resumen
Este estudio tuvo como objetivo desarrollar y caracterizar tres formulaciones de gelatina, utilizando fresa y acerola en forma aislada y mixta. Se desarrollaron tres formulaciones: GA - jalea de acerola; GM - mermelada de fresa; GAM - acerola mezclado y gelatina de fresa. Para la caracterización de las muestras se realizaron análisis para determinar pH, ° Brix, acidez total titulable (TT), viscosidad, humedad, azúcares totales (TA), glucosa, sacarosa, actividad antioxidante (FRAP y ABTS) y el contenido total de fenólicos y flavonoides. Además, las muestras fueron sometidas a una prueba de aceptación sensorial con 100 catadores no capacitados para verificar su opinión en relación a los atributos apariencia, color, aroma, sabor, consistencia, evaluación global e intención de compra. Los resultados mostraron que las gelatinas tenían contenidos de sólidos solubles (ºBrix) que oscilaban entre 56-68,17 ° Brix, que eran suficientes para la formación de gel. Las medusas no mostraron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) solo para los parámetros de pH, AT y sacarosa. La viscosidad de las gelatinas disminuyó al aumentar la temperatura. En este estudio se notó que la mezcla de los dos frutos incrementó la aceptación sensorial de los atributos evaluados; sin embargo, en términos de funcionalidad y aspectos tecnológicos, la gelatina elaborada solo con acerola mostró mayor actividad antioxidante y viscosidad a temperaturas más altas, lo que las convierte en opciones interesantes para la industria derivada de frutas.
Palabras clave: Frutas tropicales; Compuestos bioactivos; Conservación de frutos; Análisis sensorial.

1. Introdução

Inúmeras frutas in natura são desperdiçadas por não estarem sensorialmente perfeitas, ainda que em boas condições de consumo. As transformações destas matrizes em outros produtos através de técnicas adequadas passam a ser um meio de reduzir desperdícios. O aproveitamento de frutas na elaboração de geleias pode ampliar o consumo, especialmente das frutas que não estão em ótima qualidade sensorial (Oliveira et al., 2018).

As frutas são consideradas as principais fontes de vitaminas e compostos bioativos, que estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (Aboul-enein et al., 2013). Dentre os compostos bioativos, destacam-se os carotenoides e compostos fenólicos, os quais têm sido associados à capacidade antioxidante de frutas (Eberhardt et al., 2000; Haminiuk et al., 2012; Vidigal et al., 2011), propriedade funcional que está realacionada a presença de um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas (Tiveron, 2010).

O morango (Fragaria L.) é uma importante fonte de fibras, minerais e vitaminas os quais vem sendo associados a benefícios à saúde. Contudo, o conteúdo destes nutrientes pode variar de acordo com a cultivar (Antunes et al., 2016). Alguns estudos demonstraram que o morango possui importantes atividades bioativas, como ação antioxidante, anti-inflamatória e a anti-hipertensiva (Giampieri et al., 2014). Já a acerola (Malpighia punicifolia L.) é bastante reconhecida por seu elevado teor de vitamina C, além de vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais. Sua capacidade antioxidante está relacionada, sobretudo, á presença de flavonoides e vitamina C (Correia et al., 2012). Tem como característica possuir polpa suculenta e casca protetora que, ao amadurecer, muda a coloração de verde para amarelo-avermelhado e finalmente para vermelho ou roxo, quando completamente amadurecida, dependendo da variedade. A mudança de pigmento está ligada a mudanças bioquímicas complexas que envolvem todos os seus principais compostos (Malegori et al., 2017).

Uma alternativa de utilização destes frutos, como forma de prolongar sua vida útil, devido a sua alta perecibilidade, prolongar as propriedades bioativas é o processamento na forma de diferentes produtos, tais como polpas, sucos e geleias. De acordo com regulamento técnico que consta na Resolução nº 272, geleia é definida como o produto obtido pela cocção de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água, e concentrado até consistência gelatinosa (Anvisa,

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

2005). Segundo a legislação brasileira de geleias de frutas, representada pela Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978 e Resolução Normativa nº 15 de 4 de maio de 1978, esse produto pode ser classificado como geleia extra, geleia simples e geleia premium. As geleias comuns e extras ainda podem ser classificadas como "simples" (termo não obrigatório), quando preparadas com um único tipo de vegetal, ou "mistas" (termo facultativo) quando elaborada com duas ou mais espécies vegetais. As geleias mistas são alternativas importantes, pois unem características nutricionais de duas ou mais frutas, além de proporcionar agradáveis características sensoriais, e vêm conquistando, gradativamente, espaço nobre no mercado consumidor (Zotarelli et al., 2008).

O morango e a acerola por serem frutos perecíveis, necessitam de alternativas de processamento que prolonguem a vida útil do produto, conservando as suas propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais. Desta forma, considerando as informações supracitadas, objetiva-se neste estudo analisar as propriedades tecnológicas, físico-químicas, antioxidantes e sensoriais de geleias de acerola e/ou morango.

2. Metodologia

2.1 Matéria prima e preparação das geleias de frutas

Todos os ingredientes foram obtidos na cidade de Cuité/PB. As frutas maduras foram adquiridos na feira livre da referida cidade, sendo transportados para o laboratório em caixas de isopor.

Para efeito comparativo, neste estudo foram elaborados 3 diferentes tipos de geleias, sendo: GA, geleia de acerola; GM, geleia de morango e GAM, geleia mista de morango e acerola, cujas quantidades de ingredientes estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação das geleias de frutas tropicais.

Ingredientes	Geleia de acerola (GA)	Geleia de morango (GM)	Geleia mista de acerola e morango (GAM)
Açúcar refinado (%)	40	40	40
Polpa de acerola (%)	40	-	20
Polpa de morango (%)	-	40	20
Água (%)	20	20	20

Fonte: Autores.

Para o processamento das geleias, as frutas foram previamente selecionadas, lavadas em água corrente e potável para a remoção de sujidades, sanitizadas em imersão com solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 15 minutos. Os frutos foram triturados com água em liquidificador industrial Industrial Shop® (modelo 2 Litros Alta Rotação Industrial Inox 800w). A mistura resultante foi misturada com o açúcar nas proporções ilustradas na Tabela 1 e submetido à cocção em temperatura de 175 ±10 °C até alcançar o ponto de geleia (teor de sólidos solúveis [°Brix] entre 57-67%).

2.2 Caracterização das geleias

As geleias processadas foram avaliadas, em triplicata, após 1 dia do processamento, quanto aos parâmetros tecnológicos, físicos, físico-químicos, de propriedades antioxidantes e aceitação sensorial, conforme metodologias descritas a seguir.

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

2.3 Propriedades tecnológicas, físicas e físico-químicas

Após o processamento as geleias foram submetidas às análises de atividade de água (a_a) a 25 °C, usando aparelho Aqualab® (modelo C2-2, Water Activity System®, Washington-USA); sólidos solúveis totais – SST (°Brix, g/100 g) em refratômetro digital (HI 96801, Hanna Instruments, São Paulo, Brazil) a 25 ± 1 °C; e pH, em potenciômetro digital (modelo Q400, Quimis®, Diadema, São Paulo, Brasil) (AOAC, 2016). Para as medidas de viscosidade aparente, foi utilizado o viscosímetro *Brookfield* (modelo *DV II+Pro*) com *spindle* SC4-21, acoplado a um banho termostático para controlar a temperatura das amostras. As leituras de viscosidade aparente (mPa.s) das geleias foram feitas a 5, 15, 25 e 35 ºC na velocidade de rotação de 60 rpm, utilizando-se 7,5 mL das amostras no porta amostra.

Ainda foram determinados acidez total titulável (ATT), umidade, cinzas, glicose, sacarose e açúcares totais (AT) de acordo com metodologia recomendada pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2016).

2.4 Determinação do conteúdo total de compostos fenólicos, flavonoides e atividades antioxidantes

2.4.1 Preparação do extrato

Para a obtenção do extrato, 1 g das geleias foi homogeneizado em 10 mL de metanol (Merck, Darmstadt, Alemanha) a 80% por 10 min usando um mini-Turrax (TE-102, Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil); após homogeneização, os extratos foram mantidos em descanso por 24 horas e, posteriormente, filtrados com um papel de filtro de 125 mm (Whatman®, GE Healthcare, Chicago, IL, USA).

2.4.2 Conteúdo total de fenólicos e flavonoides

O conteúdo de fenólicos totais foi analisado utilizando o método de Folin-Ciocalteu. Para tal, 250 µL de cada extrato foram misturados em tubo de ensaio com 1250 µL do reagente Folin-Ciocalteau a 10%. As soluções foram agitadas em Vortex (Q220M, Quimis, Diadema, São Paulo, Brazil) e armazenadas em temperatura ambiente (25 ±0,5 °C) na ausência da luz por 6 min. Após, foram adicionados 1 mL da solução de carbonato de sódio a 7,5%. A mistura foi levada ao banho maria (Modelo BS-3030, Raypa, Barcelona, Espanha) a uma temperatura de 50 ±0,5 °C durante 5 min. Após, a absorbância foi medida a 765 nm utilizando espectrofotômetro (BEL Photonics, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Também foi realizado um branco com a ausência dos extratos para zerar o espectrofotômetro. O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado utilizando uma curva padrão preparada com ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de amostra (mg EAG/100 g) (LIU et al., 2002).

Ainda, determinou-se o teor total de flavonoides, segundo metodologia descrita por Guevara-Figueroa et al. (2010). Uma alíquota de 0,5 mL do extrato foi adicionada a 2 mL de água destilada em um tubo de ensaio. Em seguida, adicionaram-se 150 µL de nitrito de sódio a 5%. Após 5 min, 150 µL de cloreto de alumínio a 10% foram adicionados e, após 6 min, 1 mL de hidróxido de sódio a 1 M, seguido pela adição de 1,2 mL de água destilada. A absorbância da amostra foi medida a 510 nm usando um espectrofotômetro (BEL Photonics) contra um branco na ausência dos extratos. O teor de flavonoides totais foi determinado usando uma curva padrão de equivalentes de catequina (EC) (Sigma-Aldrich). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de catequina (EC) por 100 gramas de amostra (mg EC/100 g).

2.4.3 Atividade antioxidante pelo método do radical ABTS

A capacidade dos extratos das amostras de geleia em capturar o cátion $ABTS^{\bullet+}$ (2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline)-6-sulfonic acid) foi determinada pelo método $ABTS^{\bullet+}$. Inicialmente, preparou-se o reagente $ABTS^{\bullet+}$, que é obtido pela reação de 5 mL de ABTS a 7 mM com 88 µL de persulfato de potássio a 140 mM (concentração final de 2,45 mM), segundo método

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

de Sariburun et al. (2010). Posteriormente, manteve-se em repouso, a temperatura ambiente de 12 a 16 horas em ausência de luz, para formação do $ABTS^{\bullet+}$. Uma vez formado, o radical foi diluído com água destilada até obter valor de absorbância de 0,800 – 0,900 a 734 nm. A leitura da absorbância foi feita a 734 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics), com a mistura de reação (600 µL) contendo 100 µL da amostra e 500 µL de solução $ABTS^{\bullet+}$. Também foi feita uma solução "controle" que consistiu em uma alíquota de 100 µL do solvente extrator dos extratos adicionada de 500 µL do radical $ABTS^{\bullet+}$. A solução "branca" foi o solvente extrator de cada extrato, utilizada para zerar o espectrofotômetro. Como referência, foi utilizado o Trolox e os resultados foram expressos em µmol de capacidade antioxidante equivalente ao trolox por g da amostra (µmol CAET/g).

2.4.4 Atividade antioxidante pela capacidade redutora de ferro - FRAP

A capacidade dos extratos das amostras de geleia em reduzir o íon férrico (Fe^{3+}) a íon ferroso (Fe^{2+}) foi determinada pelo método FRAP, adaptado segundo Rockenbach et al. (2011). Inicialmente, preparou-se o reagente FRAP com solução tampão acetato de sódio anidro 0,3 M (pH 3,6), TPTZ (2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine) a 10 mM/L em uma solução de HCl a 40 mM e cloreto férrico ($FeCl_3$) a 20 mM. Em uma alíquota de 200 µL do extrato foram adicionados 1800 µL da solução FRAP. Em seguida, os tubos contendo o extrato e a solução FRAP foram agitados e levados ao banho-maria a 37 ºC por 30 min. A absorbância foi medida a 593 nm em espectrofotômetro (BEL Photonics). A curva padrão foi realizada com Trolox 1 mM e os resultados expressos em µmol capacidade antioxidante equivalente ao Trolox por g da amostra (µmol CAET/g).

2.5 Análise sensorial

A pesquisa foi realizada com 100 colaboradores não treinados, representados por estudantes e servidores da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, *Campus* de Cuité, Paraíba, Brasil. O painel foi selecionado com base nos hábitos e interesse em consumir geleias de frutas, constituído tanto pelo gênero feminino como masculino, com faixa etária variando de 18 a 45 anos de idade, não apresentando nenhum problema de saúde ou deficiência física que viesse a comprometer a avaliação sensorial dos produtos.

Os consumidores avaliaram sensorialmente as três formulações de geleias com relação à aceitação sensorial dos atributos aparência, cor, aroma, sabor, consistência e avaliação global utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos (1 = desgostei extremamente; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei extremamente). Os avaliadores foram orientados a marcar a opção que melhor se adequava ao produto, em relação aos atributos avaliados (Stone & Sidel, 1993). Paralelamente, também foi avaliada a intenção de compra, empregado uma escala hedônica estruturada de cinco pontos (1 = certamente não compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = certamente compraria).

Em ambos os testes, as amostras foram padronizadas e servidas, simultaneamente e de forma aleatória, a temperatura ambiente (25 ±0,5 °C), em copos de plásticos de cor branca codificados com números aleatórios de 3 dígitos. Juntamente com as amostras foram oferecidos aos provadores bolacha e água e estes foram orientados a entre uma amostra e outra fazer o uso da bolacha e da água, para remoção do sabor residual, e a provarem estas da esquerda para direita. Os testes foram realizados em cabines individuais utilizando-se luz branca, longe de ruídos e odores, em horários que não compreendessem uma hora antes e duas horas após o almoço.

2.6 Análise Estatística

Os resultados das análises tecnológicas, físico-químicas, propriedades antioxidantes e sensoriais foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, para comparação das médias.

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

Para o cálculo destes dados, utilizou-se o *software* Statistica, versão 13 (StatSoft). Os gráficos foram plotados utilizando o *software* Matlab.

3. Resultados e Discussão

3.1 Propriedades tecnológicas, físicas e físico-químicas

As propriedades tecnológicas e físicas das geleias estão apresentadas na Tabela 2. A geleia de morango (GM) apresentou maior teor de sólidos solúveis totais (°Brix), seguida da geleia mista (GM), quando comparadas formulações geleia de acerola (GA) ($p < 0,05$). Carneiro et al. (2012) analisaram geleias simples de morango e pêssego e encontraram para a geleia de morango teor de sólidos solúveis de 65 °Brix, valor semelhante aos encontrados neste trabalho para formulação de geleia mista. Já Ferreira (2013) avaliando geleia de morango encontrou valor menor que o determinado em GM, no estudo em tela, correspondente a 61,94 °Brix.

Tabela 2 – Propriedades tecnológicas e físicas das geleias de frutas tropicais.

Geleias	A_a	pH	Acidez (g/100 g)	°Brix (g/100 g)
GA	0,90 ± 0,00^a	3,43 ± 0,06^a	0,98 ± 0,01^c	56,00 ± 0,00^c
GM	0,81 ± 0,00^c	3,40 ± 0,00^a	1,04 ± 0,03^b	68,17 ± 0,29^a
GAM	0,86 ± 0,00^b	3,33 ± 0,06^a	1,17 ± 0,01^a	65,00 ± 0,00^b

GA - geleia de acerola; GM - geleia de morango; GAM - geleia mista de acerola e morango; a_a - Atividade de água.
^{abc}Comparação entre formulações. Valores na mesma coluna assinalados com letras sobrescritas diferentes são estatisticamente diferentes segundo o teste de Tukey ($p < 0.05$).
Fonte: Autores.

A geleia de acerola apresentou maior valor ($p < 0,05$) de atividade de água quando comparada ás demais formulações. No geral, á atividade de água detectada nas formulações de geléia variou entre 0,81 a 0,90, valores estes superiores aos determinados por Ruaro (2015) em geleia de abacaxi com adição de mucilagem de chia (0,62 a 0,64). Ferreira (2013) analisou a composição de geleias de morango e encontrou valor de atividade de água de 0,85 para geleia adoçada com açúcar e de 0,96 para geleia diet, valores próximos aos encontrados no presente estudo.

Não houve diferença estatística para o pH entre as formulações ($p \geq 0,05$). Segundo Ribeiro et al. (2016), a acidez está relacionada com a presença de substâncias ácidas naturalmente contidas em frutas. Esses compostos, em especial o ácido cítrico, auxiliam no desenvolvimento da textura adequada das geleias, sendo um importante parâmetro físico-químico no controle de qualidade de geleias. Além disso, de acordo com Gava et al. (2008), valores de pH abaixo de 3,2 podem dificultar a formação de gel, resultando em geleias com baixa viscosidade e com aspecto amolecido. No presente estudo, os valores determinados para pH foram maiores que 3,2, justificando a consistência de gel alcançada após processamento. Paiva et al. (2015), ao avaliarem a qualidade de geleia de acerola e melão, observaram pH em torno de 3,3, o qual se equipara ao pH das geleias avaliada no presente estudo. Souza et al. (2021), ao avaliarem geleia de abacaxi com diferentes concentrações de pimenta, identificam valores de pH em torno de 4,5, valores superiores aos encontrados no presente estudo.

As geleias obtidas neste estudo apresentaram teores de acidez com variação de 0,98 a 1,17 g/100 g. Oliveira et al. (2016) formularam geleias de laranja com e sem hortelã, e encontraram valores inferiores aos identificados nesta pesquisa de 0,51 e 0,50 g/100 g, respectivamente. Nascimento et al. (2020) ao avaliarem geleia mista de uva e maracujá produzida a partir de formulações tradicionais, light e diet encontram valores de acidez que variaram entre 0,75 a 1,10 g/100 g valores inferiores

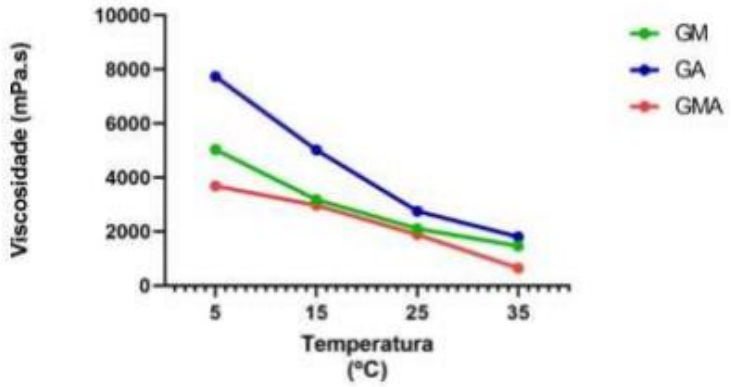
Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

aos encontrados nesta pesquisa. A acidez total está associada á presença de ácidos orgânicos, como o ácido cítrico e o ácido málico, sendo que a acidez influencia o sabor. Já o pH torna-se importante no que se refere á segurança dos alimentos, oferecendo uma indicação do grau de deterioração do alimento (Almeida, 2009). Sendo assim, baseando no pH mínimo para multiplicação e produção da toxina do *Clostridium botulinum* (4,5) e o mínimo para a proliferação da maioria das bactérias (4,0) (Franco & Landgraf, 2005), podemos afirmar que a geleias de acerola e ou morango propostas não são propícias para o desenvolvimento destes micro-organismos.

Com os dados coletados no presente estudo podemos afirmar que, as geleias tradicionais mistas de morango e acerola apresentaram pH e teor de acidez ideais para formação do gel, pois não foi observado rompimento e nem dificuldade de formação do mesmo.

A viscosidade é um atributo de grande importância em produtos alimentícios que pode determinar sua aceitação ou não por parte do consumidor, bem como sua qualidade tecnológica. Na Figura 1 podemos ver o comportamento da viscosidade aparente das geleias em diferentes temperaturas submetida a uma agitação de 60 rpm. Viu-se que houve redução da viscosidade, com aumento da temperatura para todas as formulações. GA apresentou os maiores valores de viscosidade nas temperaturas de 5, 15 e 25 °C. Já GM e GAM apresentaram valores de viscosidade semelhante nas temperaturas 15 e 25 °C. Na temperatura de 35 °C as geleias apresentaram valores de viscosidade aproximadas.

Figura 1 – Viscosidade aparente (mPa.s) das geleias de acerola, morango e mista em diferentes temperaturas.



Fonte: Autores.

A composição físico-química das diferentes formulações de geleias são descritas na Tabela 3. A geleia GA apresentou maior teor de umidade ($p < 0,05$), justificando a maior atividade de água determinada nesta formulação (Tabela 2). Em contrapartida, GM apresentou o menor teor de umidade ($p < 0,05$). Essas diferenças entre as formulações podem ser explicadas pelas diferenças existentes nas composições das frutas, como a maior ou menor proporção de fibras e outros constituintes. As geleias possuem um teor de umidade relativamente alto por se tratar de um produto com grande quantidade de água na sua formulação. A legislação atual brasileira, Resolução n. 272, 2005, não estabelece um valor limite para a umidade de geleia de frutas (Brasil, 2005).

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

Tabela 3 – Propriedades físico-químicas das geleias de frutas tropicais.

Geleias	Umidade (g/100 g)	Cinzas (g/100 g)	Açúcares Totais (g/100 g)	Glicose (g/100 g)	Sacarose (g/100 g)
GA	41,81 ± 0,15^{a}	0,16 ± 0,02^{b}	61,42 ± 0,65^{a}	9,27 ± 0,10^{b}	49,54 ± 0,52^{a}
GM	28,99 ± 0,15^{c}	0,20 ± 0,02^{ab}	61,98 ± 0,12^{a}	9,44 ± 0,02^{a}	49,92 ± 0,10^{a}
GAM	32,06 ± 0,19^{b}	0,23 ± 0,00^{a}	62,03 ± 0,07^{a}	9,38 ± 0,03^{ab}	50,02 ± 0,07^{a}

GA - geleia de acerola; GM - geleia de morango; GAM - geleia mista de acerola e morango.
^{abc}Comparação entre formulações. Valores na mesma coluna assinalados com letras sobrescritas diferentes são estatisticamente diferentes segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Autores.

Em se tratando dos teores de cinzas, GA apresentou menores ($p < 0,05$) teores de cinzas (0,16 ± 0,02 g/100 g), quando comparada às demais formulações. Já em GMA foram verificados os maiores teores de cinzas ($p < 0,05$), podendo ser justificado pela combinação de frutas em sua formulação. Dessimoni-Pinto et al. (2011), ao elaborarem geleias a partir de polpa de jabuticaba, identificaram 0,09 g/100 g de cinzas, enquanto a geleia constituída de 100% jabuticaba com adição de cascas apresentou valor bem superior, 0,66%. O teor de cinzas depende do tipo de solo em que a frutífera for cultivada e da composição do mesmo (Khan et al., 2014).

Não houve diferença estatística entre as geleias para os parâmetros açúcares totais e sacarose ($p \geq 0,05$), o que já era esperado tendo em vista que as formulações continham as mesmas concentrações de açúcar. Dentre os dois açúcares determinados, a sacarose foi o açúcar majoritário em todas as formulações. O teor de glicose foi maior na formulação GM (9,44 ± 0,02 g/100 g), seguido da geleia GAM (9,38 ± 0,03 g/100g), possivelmente realcionado ao teor de glicose do morango.

3.2 Determinação do conteúdo total de compostos fenólicos, flavonoides e atividades antioxidantes

Na Tabela 4 encontram-se os valores das propriedades antioxidantes das geleias.

Tabela 4 – Propriedades antioxidantes das geleias de frutas tropicais.

Geleias	Fenólicos Totais (mg EAG/100 g)	Flavonoides Totais (mg EC/100 g)	FRAP (µmol CAET/g)	ABTS (µmol CAET/g)
GA	295,28 ± 0,01^{a}	58,13 ± 0,01^{a}	1,64 ± 0,01^{a}	12,00 ± 0,01^{a}
GM	295,28 ± 0,01^{a}	58,14 ± 0,01^{a}	0,72 ± 0,01^{c}	10,61 ± 0,01^{b}
GAM	106,60 ± 0,01^{b}	51,88 ± 0,01^{b}	0,76 ± 0,01^{b}	9,89 ± 0,01^{c}

GA - geleia de acerola; GM - geleia de morango; GAM - geleia mista de acerola e morango; EAG – equivalentes de ácido gálico; EC = equivalentes de catequina; CAET - capacidade antioxidante equivalente ao Trolox.
^{abc}Comparação entre formulações. Valores na mesma coluna assinalados com letras sobrescritas diferentes são estatisticamente diferentes segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Autores.

A acerola é conhecida pelos seus altos níveis de ácido ascórbico, ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas e outros compostos importantes para a saúde humana, possui um poder antioxidante superior ao de outras frutas consideradas fontes de compostos fenólicos, como uva, açaí, morango, cereja e manga (Cruz et al., 2019). Todavia, parece que o uso da acerola no

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

processamento da geleia não influenciou na permanência desta característica, considerando que tanto geleia de acerola quanto de morango apresentaram o mesmo conteúdo de compostos fenólicos totais ($p \geq 0,05$) (Tabela 4).

A geleia mista (GAM) apresentou um teor de fenólicos totais menor do que o das outras geleias ($p < 0,05$). É também importante citar que a concentração de compostos fenólicos na acerola e no morango depende fortemente do grau de maturação (Nóbrega et al., 2015) e da variedade dos frutos (Mariano-nasser et al., 2017). Estas diferenças na composição podem ser resultado tanto da variedade dos frutos, do local de cultivo, da temperatura, do tipo de solo, entre outros fatores do local de cultivo do morango e da acerola, fatores estes que podem alterar a composição dos frutos. Os teores de flavonoides em frutas podem variar até 100% entre um semestre e outro, sendo estes influenciados por fatores extrínsecos, tais como condições climáticas, época de plantio, colheita e grau de maturidade dos frutos (Araújo, 2017).

Na Tabela 4 também observa-se que GA apresentou menor teor de flavonoides totais quando comparada às outras geleias ($p < 0,05$). Mesmo assim, a atividade antioxidante determinada pelos métodos de FRAP e ABTS nessa formulação foi significativamente maior às demais geleias avaliadas ($p < 0,05$), sendo possivelmente influenciado pelo maior conteúdo total de compostos fenólicos detectado (295,28 ± 0,01 mg EAG/100 g) nesta amostra. A capacidade antioxidante segundo a metodologia de ABTS foi significativamente menor ($p < 0,05$) para GAM (9,89 ± 0,01 µmol CAET/g), que também apresentou menor teor de compostos fenólicos totais (106,60 ± 0,01 mg EAG/100 g).

3.3 Caracterização sensorial

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes aos testes de aceitação sensorial e intenção de compra das diferentes formulações de geleias.

Tabela 5 – Aceitação sensorial e intenção de compra das geleias.

Atributos Sensoriais	GA	GM	GAM
Aparência	$8,60 \pm 0,60^{a}$	$8,21 \pm 0,52^{b}$	$8,43 \pm 1,01^{ab}$
Cor	$8,11 \pm 0,71^{b}$	$8,16 \pm 0,56^{ab}$	$8,36 \pm 0,88^{a}$
Aroma	$8,14 \pm 0,57^{b}$	$8,29 \pm 0,54^{ab}$	$8,39 \pm 0,78^{a}$
Sabor	$8,24 \pm 0,57^{b}$	$8,29 \pm 0,54^{ab}$	$8,51 \pm 0,87^{a}$
Consistência	$8,02 \pm 0,65^{b}$	$8,41 \pm 0,55^{a}$	$8,43 \pm 0,93^{a}$
Avaliação global	$8,17 \pm 0,62^{ab}$	$7,97 \pm 0,81^{b}$	$8,34 \pm 0,62^{a}$
Intenção de compra	$4,02 \pm 0,89^{ab}$	$3,82 \pm 8,2^{b}$	$4,28 \pm 0,84^{a}$

GA - geleia de acerola; GM - geleia de morango; GAM - geleia mista de acerola e morango.
[abc]Comparação entre formulações. Valores na mesma linha assinalados com letras sobrescritas diferentes são estatisticamente diferentes segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: Autores.

Para Cunha et al. (2010), a análise sensorial é um meio de traduzir a opinião e a intenção de compra do consumidor frente a determinado produto, em números, revelando-se assim, de grande importância a sua verificação para a real avaliação do potencial econômico do produto a ser oferecido à população.

De um modo geral, GAM recebeu as maiores pontuações para os atributos cor, aroma, sabor e consistência, quando comparada a geleia de acerola e maiores notas para avaliação global e intenção de compra, quando comparada á geleia de morango ($p < 0,05$), mostrando que a mistura das duas frutas potencializa essas características sensoriais numa geleia. Mesmo com as diferenças estatísticas, todas as formulações receberam notas que variaram entre os termos hedônicos "gostei muito" a "gostei muitíssimo", o que pode ter influenciado nas intenções de compras, cujos termos hedônicos estiveram entre

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

"possivelmente compraria" a "compraria".

A partir das médias das notas atribuídas para as geleias, percebe-se que no quesito aroma a maior nota foi 8,39 para a formulação GMA, valor maior do que o encontrado por Conceição et al. (2012) ao elaborar geleia mista de acerola com goiaba (7,82), reforçando novamente a alta aceitabilidade das geleias elaboradas no presente trabalho.

4. Conclusão

As polpas de morango e acerola podem ser utilizadas na produção de geleias tradicionais de forma isolada ou combinada, devido ao bom desempenho das suas propriedades funcionais e tecnológicas, além das características sensoriais que garantem um atrativo ao consumidor. Todas as formulações apresentadas são uma excelente forma de conservar a fruta, por apresentar elevada acidez, baixo pH e reduzido teor de água, o que garante uma geleia de qualidade com as características físicas-químicas de acordo com a legislação, com viabilidade para produção em nível industrial. A partir das características funcionais tecnológicas e nutricionais pode-se inferir que todas as formulações têm grande potencial de comercialização, além de sugerirem potencial benefício a saúde do consumidor, devido às propriedades antioxidantes determinadas, se tornando assim um produto atrativo dentro do mercado de subprodutos e conservação de frutas perecíveis. A mistura das duas frutas aumentou a aceitação sensoriais dos atributos avaliados; todavia, em termos de funcionalidade e aspectos tecnológicos, a geleia feita apenas com acerola apresentou maiores atividades antioxidantes e viscosidade em temperaturas mais elevadas, o que as torna como opções interessantes para indústria de produtos derivados de frutas.

Referências

Aboul- Enein, H. Y., Berczynski, D. X. & Kruk, I. (2013). Phenolic compounds: the role of redox regulation in neurodegenerative disease and cancer. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry,* 13(3), 385-398.

Almeida, A. S. (2009). *Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de cajueiros e frutos de umbuzeiros nativos do semi-árido do Piauí* [Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Semi-Árido do Rio Grande do Norte].

Antunes, L. E. C., Reisser Junior, C., & Schwengber, J. E. (2016). Morangueiro. Embrapa Clima Temperado (CPACT).

Anvisa. (2005). *Resolução RDC nº 272*. Aprova o "Regulamento Técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis". Ministério da Saúde. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.html

Araújo, I. M. C. de. (2017). *Caracterização bioativa de resíduos de frutas tropicais* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte].

Association Of Official Analytical Chemists – International (AOAC). (2016). *Official Methods of Analysis* (18a ed). AOAC.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. (2005). *Resolução RDC Nº 272*. Regulamento Técnico Para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis.

Carneiro, A. P. G., Costa, E. A., Soares, D. J., Moura, S. M. & Constant, P. B. L. (2012). Caracterização físico-química dos frutos in natura e geleias de morango e pêssego, e aspectos de rotulagem do produto ao consumidor. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 14 (3), 295-298.

Conceição, A. L. S, Cedraz, A. K, Santos, C. C, Silva, M. S, Cardoso, R. L. (2012). Elaboração e Caracterização Química, Físico Química e Sensorial de Geleia Mista de Acerola com Goiaba. Enciclopédia Biosfera. *Centro Científico Conhecer*, 8(15), 832.

Correia, R. T. P., Borges, K. C., Medeiros, M. F. & Genovese, M. I. (2012). Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. *Food Science and Technology International*, 18(6), 539-547.

Cunha, M. A. A., Andrade, A. C. W., Ferminani, A. F., Appelt, P. & Buratto, A. P. (2010). Barras alimentícias formuladas com resíduos de soja. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, 1(2), 89-96.

Cruz, R. G. da., Beney, L., Gervais, P., Lira, S. P. de., Vieira, T. M. F. S. & Dupont, S. (2019). Comparison of the antioxidant property of acerola extracts with synthetic antioxidants using an *in vivo* method with yeasts. *Food Chemistry*, 277, 698-705.

Dessimoni-Pinto, N. A. V., Silva, V. M., Batista, A. G., Vieira, G., Souza, C. R., Dumont, P. V. & Santos, G. K. M. (2010). Características físico-químicas da amêndoa de Macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. *Alim. Nutr.*, 21(1), 77-84.

Eberhardt, M., Lee, C. & Liu, R. (2000). Antioxidant activity of fresh apples. *Nature,* 405, 903-904. https://doi.org/10.1038/35016151.

Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e97101018597, 2021
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18597

Ferreira, C. Z. (2013). *Composição de geleias de morango preparadas com açúcar, sucos de frutas ou edulcorantes* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasilia].

Franco, B. D. G. M. & Landgraf, M. (2005). *Microbiologia dos alimentos*. Atheneu.

Gava, A. J., Silva, C. A. B. & Frias, J. B.G. (2008). Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações (2a ed). Nobel.

Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M. & Battino, M. (2014). Effects beyond antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(1), 3867-3876.

Guevara-Figueroa, T., Jiménez-Islas, H., Reyes, L., Mortensen, A., Laursen, B., Lin, L., León-Rodríguez, A. et al. (2010). Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (Opuntia spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 525-532. 10.1016/j.jfca.2009.12.003.

Haminiuk, C. W. I. (2012). Phenolic compounds in fruits – an overview. *International Journal of Food Science and Technology,* 47(1), 2023-2044.

Khan, N., Shabbir, A., George, D., Hassan, G. & Adkins, S. W. (2014). Plantas forrageiras supressivas como parte de um programa de manejo integrado para *Parthenium hysterophorus* L. *Field Crops Res*., 156, 172-179.

Liu, M., Li, X. Q., Weber, C., Lee, C. Y., Brown, J. & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2926-2930.

Malegori, C., Marques, E. J. N., Freitas, S. T., Pimentel, M. F., Pasquini, C. & Casiraghi, E. (2017). Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. *Talanta*, 165, 112-116.

Mariano-Nasser, F. A. D., Nasser, M., Furlaneto, K. A., Ramos, J. A., Vieites, R. L. & Pagliarini, M. K. V. (2017). Bioactive compounds in different acerola fruit cultivars. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4), 2505-2514.

Nascimento, T. A. et al. (2020). Caracterização química e sensorial de geleia mista de uva e maracujá nas formulações tradicional, light e diet. *Research, Society and Development,* 11(9), 1-20. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10026

Nóbrega, E. M., Oliveira, E. L., Genovese, M. I. & Correia, R. T. P. (2015). The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malphigia emarginata*) residue. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 131-141.

Oliveira, E. N. A., Feitosa, B. F. & Souza, R. L. A. (2018). *Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas.* Editora IFRN. https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/1664?show=full

Oliveira, M. M. T., Braga, T. R., Pinheiro, G. K., Silva, L. R., Vieira, C. B. & Torres, L. B. V. (2016). Parâmetros físico-químicos, avaliação microbiológica e sensorial de geleias de laranja orgânica com adição de hortelã. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 115(1), 29-34.

Paiva, C. A., Aroucha, E. M. M., Ferreira, R. M. A., Araújo, N. O. & Silva, P. S. L. (2015). Alterações físico-químicas de geleias de melão e acerola durante o armazenamento. *Revista Verde*, 10(3), 18-23.

Ribeiro, L. M. P., Damasceno, K. A., Gonçalves, R. M. S., Gonçalves, C. A. A., Cunha, A. N. A. M. F. (2016). Acidez, sua relação com pH e qualidade de geleias e doces em barra. *Boletim Técnico IFTM*, (2), 14-19.

Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Gonzaga, L.V., Caliari, V., Genovese, M. I., Gonçalves, A. E. S. S. & Fett, R. (2011). Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (Vitis vinifera L. and Vitis labrusca L.) widely produced in Brazil. *Food Chemistry*, 127, 174-179.

Ruaro, T. T. (2015). *Elaboração de geleia de abacaxi com adição de mucilagem de chia (Salvia hispânica)* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná].

Sariburun, E., Şahin, S., Demir, C., Türkben, C. & Uylaşer, V. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of raspberry and blackberry cultivars. *Journal of Food Science*, 75(4), 328-335. http://dx.doi. org/10.1111/j.1750-3841.2010.01571.x. PMid:20546390.

Stone, H. & Sidel, J. (1993). *Sensory evaluation practices*. (2a ed.). Academic Press.

Souza, R. C. et al. (2021) Qualidade microbiológica, sensorial e físico-química de geleia de abacaxi com diferentes concentrações de pimenta. *Research, Society and Development,* 10(8), 1-7. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17718

Tiveron, A. P. (2010). *Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].

Vidigal, D. D., Dias, D. C. F. D., Dias, L. A. D. & Finger, F. L. (2011). Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. *Scientia Agricola, Piracicaba*, 68(5), 535-539.

Zotarelli, M. F. et al. (2008). Avaliação de geléias mistas de goiaba e maracujá. *Revista Ceres*, 55(6), 562-567.

4.2 ARTIGO 2

Autochthonous adjunct culture of *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 improvement the techno-functional, physicochemical, and sensory properties of goat milk Greek-style yogurt

Abstract: We evaluated the performance of *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 as an autochthonous adjunct culture in the production of goat milk Greek-style yogurt. The techno-functional, physicochemical, and sensory characteristics of the control yogurt (containing only starter culture, CY) and the probiotic yogurt (added with the probiotic strain, PY) were assessed during 28 days of refrigerated storage. Furthermore, we determined the survival of the strain throughout the gastrointestinal tract under simulated conditions. The yogurt added of the probiotic strain (PY) had a lower extent of proteolysis index (EPI) and a higher depth of proteolysis index (DPI). These results indicate *L. mucosae's* enzymes' proteolytic a possible action in PY. The PY formulation exhibited viscosity almost one and a half as high as CY over the refrigeration period, probably due to a higher production of exopolysaccharides by the probiotic strain, which directly interferes with the microstructure, texture and viscosity of the product. PY received higher scores for color, flavor, and global acceptance at one day of storage and higher texture scores at 28 days. The counts of *L. mucosae* remained high (> 7 log CFU/g and > 8.5 log CFU/g) over the mouth-ileum digestion and storage, respectively, in the probiotic yogurt, PY. The autochthonous adjunct culture of *L. mucosae* CNPC007 can be used for the production of a novel potentially probiotic goat yogurt without negatively affecting the general characteristics of the product quality, adding value associated with maintaining its functional potential.

Keywords: fermented goat milk; proteolysis; viscosity; gastrointestinal conditions.

1. Introduction

Goat dairy milk products, such as cheese, yogurt, and fermented milk, have been gaining ground among consumers (Jia et al., 2016; De Santis et al., 2019). Despite its technological and market challenges (Gomes et al., 2013; Ribeiro et al., 2016; Ranadheera et al., 2012; Yamazi et al., 2013), goat milk has some nutritional, functional, and technological advantages over cow's milk, including greater digestibility and the ability to improve the absorption of iron and copper (Mituniewicz-Malek et al., 2014; Silanikove et al., 2010; Clark and García, 2017; Verruck et al., 2019), these characteristics make this food matrix with great potential for the elaboration of dairy products, such as yogurt.

Protein-rich yogurts such as Greek-style yogurts are consumed worldwide and exhibit varying composition and designation, depending on the place of origin (Aryana and Olsen, 2017). These yogurts are characterized by 9 to 10% protein content, creamy texture, and low-fat content (Wouters, 2012). Additional health benefits result from the addition of probiotic bacteria to dairy products (Martins et al., 2018; de Oliveira et al., 2014; Ribeiro et al., 2016), such as yogurt (Aryana and Olson, 2017), ice cream (Balthazar et al., 2018), and cheese (Silva et al., 2018). The addition of probiotics, live microorganisms that, when ingested in adequate amounts, provide benefits to the host, can add greater functional value to goat dairy derivatives (Pal, Dudhrejiya, and Pinto, 2017; de Paula et al., 2020). Probiotics act through several mechanisms of action that culminate in important functions for the consumer's health. Among the properties performed by these microorganisms, the following stand out: prevention and treatment of gastrointestinal diseases, modulation of the immune system and intestinal microbiota, anticholesterolemic, anti-dyslipidemic and antihypertensive effects, anticancer, antimicrobial and antioxidant activities (Fijan, 2014; Terpou et al., 2019).

The *Lactobacillus* genus contains several potentially probiotic species, including *Limosilactobacillus mucosae*, a name first proposed in 2000 (Roos et al., 2000). The adhesion of this lactic acid bacteria to the gastrointestinal mucus enables efficient intestine colonization.

L. mucosae's ability to modulate the intestinal immune system and inhibiting pathogenic bacteria (by various mechanisms of action, including the production of organic acids and bacteriocins) renders it a valuable strain in probiotic food development (Bilková et al., 2011). Additionally, the strain's ability to produce exopolysaccharides can be explored in the formulation of dairy products with a reacher texture and lower syneresis degree (London et al., 2015). In particular, the *Limoselactobacillus mucosae* CNPC007 strain was isolated from goat milk by a group of researchers from the Brazilian Agricultural Research Corporation (*Embrapa*). This strain brings together a set of probiotic and technological properties previously verified from *in vitro* tests (De Moraes et al., 2017), and is considered promising for application in functional dairy products (De Moraes et al., 2018).

In this study, we evaluated the effects promoted by the addition of an autochthonous adjunct culture of *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 on the techno-functional, physicochemical, and sensory characteristics of Greek-style goat yogurt, including the survival of the strain along the simulated gastrointestinal tract.

2. Material and Methods

2.1 Raw material and ingredients

Goat milk was obtained from a cooperative in Nova Floresta, Paraíba, Brazil, provided us with milk from Toggenburg goats. Commercial goat's milk powder (Caprilat, Macuco, Rio de Janeiro, Brazil) and sugar (União, Limeira, São Paulo, Brazil) were used in the yogurt formulations. The indigenous culture *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 was obtained from the "Collection of Microorganisms of Interest to the Food and Agroenergy Industry" of Embrapa Agroindustry Tropical (Fortaleza, Ceará, Brazil), and was cultivated according to Moraes et al. (2017). The starter culture (Y 472, Sacco, Campinas, São Paulo, Brazil),

composed of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*, was acquired commercially.

2.2 Milk quality control

Goat milk's titratable acidity, pH, total dry extract (TDE), defatted dry extract (DDE), protein, fat, and lactose were determined according to the Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2016). The raw material was assessed for the Most Probable Number (MPN) of total coliforms and thermotolerants (MPN/g), molds and yeast counts in CFU/g, and total count of aerobic mesophilic bacteria (CFU/g) and detection of absence of *Salmonella* spp./25 mL, considering the criteria established in the current Brazilian legislation (Brazil, 2000) and standard procedures described elsewhere for American Public Health Association (APHA, 2015).

2.3 Inoculum and yogurt preparation

The inoculum of the probiotic bacteria in milk (FIn) was prepared in two stages. Inoculum 1 (In1) was prepared by diluting 0.1 g of lyophilized *L. mucosae* CNPC007 in 10 mL of reconstituted powdered goat milk (Caprilat) in sterile water and incubated for 22 hours (stationary phase) at 37 °C. Final inoculum (FIn) was prepared in a proportion of 1/2 of In1 + 10 mL of powdered milk reconstituted in sterile water, incubated for 22 hours at 37 °C, with final counts ranging from of 10-11 log CFU/g. The counts were confirmed by using serial dilutions of the inoculum with sterile peptone water at concentration 0.1 g/100 mL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MA, USA). 10-µL of the proper dilutions were poured onto MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK) and acidified to pH 5 (IDF, 1995) by the microdrop technique. The plates were incubated aerobically at 37 °C for 48 h. The results were expressed in log CFU/g.

Yogurts were made from pasteurized goat milk (65 °C/30 min), added with 10% sucrose and 10% powdered goat milk, and subjected to heat treatment (90 ± 0.5 °C/10 min). After cooling to 40 °C, the milk was added with a starter culture (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, Control Yogurt - CY) or added with a starter culture and 100 g of final inoculum (FIn) containing *L. mucosae* CNPC007 (Probiotic Yogurt - PY). The two yogurt formulations (Table 1) were incubated in BOD (Biochemical Oxygen Demand) at 45 ± 0.5 °C for 6 hours. Fermentation was terminated at pH 4.5. After overnight refrigeration, the yogurt was drained in a cloth bag for about 18–20 h, as suggested by Şanlidere, Aloğlu and Öner (2013). The yogurt was stored at 4 ± 0.5 ºC until analysis.

Yogurts were evaluated at times 1, 7, 14, 21 and 28 days of cold storage (4 ± 0.5 °C) regarding their technological, physicochemical, microbiological, and sensory characteristics. The protective effect of the food matrix on the survival of lactic acid bacteria in simulated conditions of the gastrointestinal tract (GIT) was assessed at 7 days of cold storage.

2.4 Yogurt characterization

2.4.1 Technological Analyses. Apparent viscosity, water retention capacity (WRC) and syneresis of yogurts were assessed throughout storage in triplicate. The susceptibility of yogurt to the separation of water from the clot (syneresis) was determined by draining of 30 g samples for 5 hours at 4 °C (Riener et al., 2010). Syneresis (%) was computed by Equation 1:

$$Syneresis = \frac{Whey\ mass\ after\ filtration}{Fermentd\ milk\ mass} \times 100 \qquad (1)$$

WRC was determined by centrifuging yogurt samples under 2397 *x g*, 15 minutes, 10 °C with a refrigerated centrifuge (model CT-5000R, Cientec, Minas Gerais, Brazil) (Harte et

al., 2003). Apparent viscosity (mPa.s) of 7.5 mL samples was measured with the Brookfield viscometer (model DV II+Pro) with spindle SC4-21, coupled to a thermostatic bath, at 4 ºC under 40 rpm.

2.4.2 Physicochemical Analyses. Yogurts were submitted, in triplicate, to acidity in lactic acid, pH, total sugars, and proteolysis analyses according to the Association of Official Analytical Chemist Methods (AOAC, 2016). The following tests were performed: pH in a digital pH meter (Q400, Quimis, Diadema, São Paulo, Brazil); acidity in lactic acid by titration; and total sugars by Fehling reduction. The extent of proteolysis index and the depth of proteolysis index were determined by the micro-Kjeldahl method (AOAC, 2016) and Equations 2 and 3 (Andreatta et al., 2007):

$$\text{EPI} = \frac{\text{SN at pH 4.6}}{\text{TN}} \times 100 \qquad (2)$$

$$\text{DPI} = \frac{\text{SN in TCA}}{\text{TN}} \times 100 \qquad (3)$$

where EPI is the extent of proteolysis index (%); DPI is the depth of proteolysis index (%); SN represents the soluble nitrogen; TN, the total nitrogen; and TCA represents trichloroacetic acid.

2.5 Sanitary quality and lactic bacteria viability

Quality control tests comprised the *E. coli* count in as well as the total molds and yeasts count in CFU/g, and detection of absence of *Salmonella* spp./25 g (APHA, 2015; Brazil, 2019). The lactic bacteria viability included the counts of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* (APHA, 2015), *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (London et al., 2015), and *Lactobacillus* subsp. *bulgaricus* (Lima et al., 2009).

2.6 Survival of probiotic bacteria under simulated gastrointestinal conditions

The survival of lactic bacteria in yogurts stored at 4 ± 0.5 °C for 7 days was assessed during GIT simulated digestion, according to de Oliveira et al. (2014) and Madureira et al. (2011).

2.6.1 Inoculation of Fermented Milk Matrices. For PY yogurt formulation, five samples labeled C1, C2, C3, S1, and S2 were produced. C1 and C2 are duplicate control yogurts, which were inoculated with the tested probiotic strain, but were not exposed to simulated gastrointestinal conditions; C3 refers to the control yogurt inoculated with probiotic strain and exposed to simulated gastrointestinal conditions (used in pH adjustments over the stages of simulated digestion). S1 and S2 are yogurts inoculated and exposed to simulated gastrointestinal conditions. All samples were prepared in sterile 50 mL vials, containing 25 g of yogurt.

2.6.2 Simulation of Gastrointestinal Conditions. The gastrointestinal tract was simulated as per the descriptions in Table 2.

- **Stage 1 (Before simulation):** samples were evaluated before the ingestion.
- **Stage 2 (Mouth):** chewing was simulated using a saliva solution prepared with 100 U/mL of α-amylase (Sigma-Aldrich) diluted in 1 mM $CaCl_2$ solution. Saliva solution was added to 25 g samples at a 0.6 mL/min rate for two minutes. The pH was adjusted to 6.9 using 0.1M $NaHCO_3$ solution.
- **Stages 3 to 8 (Esophagus-stomach):** pepsin solution was added at a 0.05 mL/mL rate for 90 min. Pepsin solution (Sigma-Aldrich) was prepared in HCl at 0.1 N in a 25 mg/mL ratio (Aura, 2005). The pH of each stage was adjusted according to Table 2, using 1M HCl solution.

- **Stage 9 (Duodenum):** the intestinal solution was added to the samples at a 0.25 mL/mL rate (Laurent et al., 2007). Such solution was prepared using 2 g/L pancreatin and 12 g/L of bile salts (Sigma-Aldrich), diluted in 0.1 M $NaHCO_3$ solution. The pH adjustment was made with a 0.1 M $NaHCO_3$ solution.
- **Stage 10** (Ileum): a 0,1 M $NaHCO_3$ solution was used to adjust pH to 6,5.

All enzymatic solutions were prepared in sterile and filtered vials using a 0.22 μm filter membrane (Milipore, Billerica MA, USA). After sterilization, all solutions were kept in an ice bath throughout the simulation period. A 37 °C incubation chamber with mechanical stirring (TE-424 TECNAL, Orbital Shaker Incubadora, Sao Paulo, SP, Brazil) was used to simulate both the body temperature and the intestinal peristaltic movements similar to those achieved in each digestive compartment. For each stage of simulation of the GIT, the counts of viable cell of lactic bacteria added to yogurts were determined by the preparation and sowing of decimal serial dilutions with sterilized peptone water (0.1 g/100 mL) (Sigma-Aldrich) (London et al., 2015).

2.7 Sensory analysis

Microbiological tests preceded the sensory analysis to ensure the yogurts meet legislation sanitary standards (Brazil, 2019). The participants filled out the Informed Consent Form before the sensory tests. Consumers were recruited through personal contact and invitations via social media, and individuals who were healthy, consumed fermented dairy products, had already consumed goat milk or goat milk dairy products, and had available time for the sensory analyses were selected. One hundred regular consumers of fermented dairy products (45% men, 55% women; aged 18–45 years; mean age: 22 years) participated in the

sensory acceptance test. All of the participants consumed yogurts, fermented milks, or fermented whey beverages at least 3 times a week.

The sensory attributes evaluated included appearance, color, aroma, flavor, texture, and overall acceptance of the yogurt formulations. Ten-gram samples at 4 ± 0.5 ºC were presented to the panelists in 50 mL white plastic cups labeled with 3-digit numbers following a monadic sequential order. Consumers evaluated the sensory acceptance on a nine-point hedonic scale (1 = disliked very much; 5 = neither liked nor disliked; 9 = liked it very much) (García-Gómez et al., 2019). A glass of water and biscuits were provided for cleansing the palate during evaluation of the different yogurt formulations. Yogurts were considered accepted when they received an average score of 5.0 or higher.

2.8 Statistical analysis

Data were submitted to Student's *t*-test or analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test using $P \leq 0.05$, using the software Statistica, version 13 (StatSoft). The graphs were plotted using Matlab, version R2019b.

3. Results and Discussions

3.1 Goat milk quality control

Microbiological analyzes revealed total and thermotolerant coliform counts <3MPN/mL and mold and yeast counts <1 CFU/mL, in addition to the absence of *Salmonella* sp. and *L. monocytogenes,* confirming the goat milk as being suitable for human consumption and for use as raw material for preparing yogurts. The milk presented acidity in lactic acid - 0.11 ± 0.01 g/100 g; pH - 6.75 ± 0.00; total solids – 13.55 ± 0.20 g/100 g; protein – 3.99 ± 0.02 g/100 g; fat

– 3.15 ± 0.02 g/100 g; lactose – 3.82 ± 0.00 g/100 g and fixed mineral residue – 0.70 ± 0.01 (Table 3). Most of the results were in agreement with studies by other authors (Fabersani et al.; 2018; Machado et al., 2017; Rafiq et al., 2016; Vyhmeister et al., 2019).

3.2 Technological and physicochemical characteristics of yogurt

There was an increase in acidity and consequent reduction in the pH of the two samples throughout storage (Fig. 1), which is justified by the continued production of acids by lactic acid bacteria (from the starter culture and/or probiotic strain). The formulation containing *L. mucosae* (PY) exhibited low total sugar content than the CY sample after 7 days of storage onwards. This behavior was possibly due to the action of starter bacteria (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*) in co-culture with the autochthonous bacterium *L. mucosae* CNPC007 present in the PY formulation, which may have contributed to a higher consumption of sugar after 7 days of storage. Zhang et al. (2020), in a study with yogurt making by the co-cultivation of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 with yogurt starter cultures, also observed this same behavior for the formulation of yogurt in co-culture with *L. plantarum*, indicating that there is a higher consumption of sugars when other groups of microorganisms are added in addition to the stater culture.

The depth of proteolysis index (DPI) (Fig. 2) shows that the action of microbial enzymes on the yogurt proteins increased throughout storage in both formulations ($P \leq 0.05$). The extent of proteolysis index (EPI) refers to the natural proteinases of milk and/or the action of coagulating agents added in the processing of dairy products, which degrade proteins in high molecular weight peptides (Narimatsu et al., 2003). In this study, we did not use coagulating agents in the processing of yogurts. As EPI increased in CY and decreased in PY, we concluded that the proteolytic action of microbial enzymes exceeded the activity of milk proteinases in the formulation added with *L. mucosae* CNPC007.

Syneresis increased by about 1% over storage time in both samples ($P \leq 0.05$), reaching a final value of around 25% (Fig. 2). According to Ramirez-Santiago et al. (2010), syneresis in yogurts occurs due to the rearrangements in the casein network, which promote the expulsion of serum. Syneresis values up to 39% are considered satisfactory (Aportela-Palacios, Sosa-Morales, and Vélez-Ruiz, 2005). However, water retention capacity (WRC) increased up to 21 days for PY ($P \leq 0.05$), and dropped dramatically at 28 days in both samples, especially in PY (Fig. 2). Exopolysaccharides commonly produced by *L. mucosae* may explain the WRC's highest value in 21 days of storage (Fig. 2) (London et al., 2015). However, we conclude that, after a certain period, the breakdown of the yogurts' protein network promoted by lactic bacteria from the starter culture and by *L. mucosae* has surpassed the production of exopolysaccharides, culminating in a reduction in WRC and increased syneresis (Machado et al., 2017).

The apparent viscosity of yogurt decreased after 28 days of storage ($P \leq 0.05$) only in the PY formulation (Table 4). However, PY exhibited viscosity almost one and a half mPa.s as high as CY over 28 days ($P \leq 0.05$), which can be explained by the effects of exopolysaccharides produced by the probiotic strain on the microstructure, texture, and viscosity of yogurt. Yang et al. (2014) and London et al. (2015) observed the same effect in yogurt added with lactic acid bacteria, including *L. mucosae*. According to these authors, exopolysaccharides contribute to the formation of a microstructure with denser pores and, therefore, confer higher viscosity to yogurts. For this reason, London et al. (2015) recommends the use of exopolysaccharide-producing strains of *L. mucosae* to confer a richer texture in low-fat yogurts, such as Greek-style yogurt.

Food-grade polysaccharides from lactic acid bacteria are well known as non-toxic, biodegradable, and ecological ingredients that act as natural thickeners, emulsifiers, stabilizers, binders, gelifiers, coagulants, and suspension agents in food and cosmetic products (Jindal et al., 2018). However, the texture of food products generally depends both on the fermentation

bacteria and the process parameters. Some lactic acid bacteria can improve texture by producing metabolites in the medium or hydrolyzing fibers added to the food during processing (Escobar et al., 2012). In addition, bacterial exopolysaccharides may offer several human health benefits such as immunomodulatory, antitumor and antioxidant activities, blood cholesterol reducing ability and prebiotic properties (Yildiz and Karatas, 2018).

3.3 Microbiological characterization of yogurt and survival of L. mucosae CNPC007 under simulated gastrointestinal conditions

The results of hygienic sanitary microbiological analysis revealed that all prepared goat yogurt formulations were suitable for human consumption throughout the assessed refrigerated storage period, because the counts for *E. coli*, molds and yeasts and absence of *Salmonella* spp. were in accordance with the criteria recommended by the current Brazilian legislation (Brazil, 2019), indicating good manufacturing practices.

Probiotic properties are attributed to some *L. mucosae* strains due to their adhesion to the intestinal mucosa, resistance to passage through the gastrointestinal tract, immunomodulatory capacity, and the production of exopolysaccharides and bacteriocins (London et al., 2015; de Moraes et al., 2018). Therefore, viability during storage tests (Fig. 3) and *L. mucosae* survival to digestion (Fig. 4) were performed to evaluate the ability of Greek-style goat yogurt to carry this probiotic strain.

The counts of *L. bulgaricus* subsp. *delbruekii* (Fig. 3) increased by about 0.5 log CFU/g over the 28 days of storage. The PY and CY formulations showed an increase ($P \leq 0.05$) from 8.59 ± 0.02 log CFU/g to 8.99 ± 0.01 log CFU/g and 8.65 ± 0.08 log CFU/g to 9.00 ± 0.01 log CFU/g, respectively. Counts of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* (Fig. 3) decreased in both formulations ($P \leq 0.05$), with a special drop in the CY sample. The reduction

in *S. thermophilus* was about 0.5 log CFU/g in PY (9.38 ± 0.11 log CFU/g to 8.98 ± 0.02 log CFU/g) and almost 1.5 log CFU/g in CY (9.38 ± 0.05 log CFU/g 8.06 ± 0.05 log CFU/g). This type of behavior is expected in the yogurt fermentation process, in which strains of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* show synergistic interactions (protocooperation). *L. bulgaricus* initially grows slower but remains viable for a much longer time. *S. thermophilus*, in turn, grows faster at the beginning of the process, when the pH of the milk is close to neutrality; but, in the end, due to the greater production of lactic acid and its sensitivity to acidity, it is surpassed by *L. bulgaricus*. Thus, at the end of the process, there is a much larger number of *L. bulgaricus* than *S. thermophilus* (McKevith and Shortt, 2003; Narvhus and Abrahamsen, 2021).

The yoghurt containing *L. mucosae* CNPC007 (Fig. 3) showed a reduction in the count of this probiotic strain ($P \leq 0.05$), from 9.53 ± 0.04 log CFU/g to 8.96 ± 0.01 log CFU/g. Possibly, the competition for substrate between *L. bulgaricus* and *L. mucosae* further contributed to the reduction of probiotic strain during storage. In parallel with the antagonistic effect between *L. bulgaricus* and the probiotic strain, the synthesis of bacteriocins and organic acids may have occurred (London et al., 2015; de Moraes et al., 2018), in addition to the release of microbial metabolites. Even so, over the entire storage period, the PY formulation showed probiotic bacterium counts much higher than the minimum recommended to produce beneficial health effects (6.0 to 7.0 log CFU in 100 g) (Terpou et al., 2019).

Figure 4 illustrates the survival of *L. mucosae* CNPC007 along the simulated gastrointestinal tract. The counts of the probiotic strain in the formulation that was not exposed to *in vitro* digestion are also shown. As expected, greater stability and counts ($P \leq 0.05$) were observed in the sample that was not exposed to simulated digestion. The greatest drop in *L. mucosae* CNPC007 counts occurred in stomach conditions ($P \leq 0.05$). Upon reaching the duodenum, at about 90 min of exposure, a considerable drop occurred in the number of viable

cells compared to the counts found during mouth digestion (more than 2 log CFU/g). The counts remaining stable thereof until reaching the ileum. At the end of the 182 min of simulated digestion, the yogurt showed sufficient viability to be considered a probiotic product, with an average viable cell population of *L. mucosae* around 7 log CFU/g (Terpou et al., 2019). This behavior indicates a possible protective effect of the food matrix on the survival of *L. mucosae* CNPC007, contributing to the product's probiotic effects.

3.4 Sensory Acceptance Test

Both samples received the same sensory acceptance scores in terms of appearance and aroma ($P > 0.05$), both at the beginning and at the end of storage (Table 5). On the first day of storage, PY and CY received the same score for texture ($P > 0.05$). However, PY received highest notes for color, flavor, and overall acceptability both at the beginning and at the end of storage ($P \leq 0.05$), demonstrating that the *L. mucosae* strain potentiated a better sensory acceptance of these attributes evaluated in this formulation. PY also received higher texture scores at 28 days ($P \leq 0.05$), corroborating the viscosity results, where this formulation had higher viscosity than CY which may have led to higher texture notes.

According to the panelists, the two samples' appearance and color remained unchanged over time ($P > 0.05$). However, the aroma, flavor and overall acceptability improved over storage in both samples ($P \leq 0.05$). The PY formulation received scores between 7 to 9 throughout storage ('liked it moderately' to 'liked it extremely'). In other words, the addition of *L. mucosae* did not cause negative effects on the general evaluation of yogurt and provided an increase in the acceptance of the product.

4. Conclusions

The addition of the *L. mucosae* CNPC007 strain provided a more viscous and creamy Greek-style yogurt than the control. In addition, the formulation added with *L. mucosae* showed higher sensory acceptance scores, associated to color, flavor, texture and global assessment. The viability and GIT tests indicated that the probiotic yogurt developed is an efficient vehicle of probiotic bacteria for human consumption, since lactic acid bacteria counts remained high (>7 log CFU/g) throughout storage and simulated gastrointestinal conditions, respectively. These results indicate a great technological potential of *L. mucosae* CNPC007 in the development of functional goat milk yogurts.

References

Andreatta, E., Fernandes, A. M., dos Santos, M. V., de Lima, C. G., Mussarelli, C., Marques, M. C., and de Oliveira, C. A. F. 2007. Effects of milk somatic cell count on physical and chemical characteristics of mozzarella cheese. Aust. J. Dairy Technol. 62:166-170.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. 2016. Official Methods of Analysis. 20th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

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

Aportela-Palacios, A., Sosa-Morales, M. E., and Vélez-Ruiz, J. F. 2005. Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. J. Texture Stud. 36(3):333–349. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2005.00020.x

Aryana, K. J., and Olson, D. W. 2017. A 100-year review: Yogurt and other cultured dairy products. J. Dairy Sci. 100:9987-10013. https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981

Aura, A. M. 2005. *In vitro* digestion models for dietary phenolic compounds. PhD Thesis. Espoo, Finland: Department of Chemical Technology, Helsinki University of Technology.

Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Esmerino, E. A., Rocha, R. S., Moraes, J., Carmo, M. A. V., Azevedo, L., Camps, I., Abud, Y. K. D., Sant'Anna, C., Franco, R. M., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Racies, R. S. L., Escher, G. B., Granato, D., Ranadheera, C. S., Nazarro, F., and Cruz, A. G. 2018. The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. Food Chem. 246:464-472. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.002

Bilková, A, Sepová, H. K., Bukovský, M., and Bezáková, L. 2011. Antibacterial potential of lactobacilli isolated from a lamb. Vet. Med. 56(7):319-324. https://doi.org/10.17221/1583-VETMED

Brazil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite de Cabra. Instrução Normativa n° 37 de 31 de outubro de 2000. (In Portuguese)

Brazil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. 2019. Lista de Padrões Microbiológicos para Alimentos. Instrução Normativa N.º 60, de 23 de dezembro de 2019. (In Portuguese)

Clark, S., and García, M. B. 2017. A 100-year review: Advances in goat milk research. J. Dairy Sci. 100(12):10026-10044. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287

de Moraes, G. M. D., Abreu, l. R., Egito, A. S., Salles, H. O., Silva, L. M. F., and Nero, L. A. 2017. Functional properties of *Lactobacillus mucosae* strains isolated from Brazilian goat milk. Probiotics Antimicrob. Proteins 9:235-245. https://doi.org/10.1007/s12602-016-9244-8

de Moraes, G. M. D., dos Santos, K. M. O., de Barcelos, S. C., Lopes, S. A., and do Egito, A. S. 2018. Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. LWT Food Sci Technol. 94:57-63. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.028

de Oliveira, M. E. G., Garcia, E. F., de Oliveira, E. V., Gomes, A. M. P., Pintado M. E., Madureira, A. R. M. F., da Conceição, M. L., Queiroga, R. C. R. E., and de Souza, E. L. 2014. Addition of probiotic bacteria in a semi-hard goat cheese (*coalho*): Survival to simulated gastrointestinal conditions and inhibitory effect against pathogenic bacteria. Food Res. Int. 64(2):241-247. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.032

de Paula, C. M., dos Santos, K. M. O., Oliveira, L. S., da Silva Oliveira, J., Alonso Buriti, F. C., and Saad, S. M. I. 2020. Fat substitution by inulin in goat milk ice cream produced with cajá (*Spondias mombin*) pulp and probiotic cultures: Influence on composition, texture, and acceptability among consumers of two Brazilian regions. Emir. J. Food Agric. 32(2):140–149. https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i2.2074

de Santis, D., Giacinti, G., Chemello, G., and Frangipane, M. T. 2019. Improvement of the Sensory Characteristics of Goat Milk Yogurt. J. Food Sci. 84(8):2289-2296. https://doi.org/10.1111/1750-3841.14692

Escobar, M. C., Van Tassell, M. L., Martinez-Bustos, F., Singh, M., Castano-Tostado, E. S., Amaya-Llano, L., and Miller, M. J. 2012. Characterization of a Panela cheese with added probiotics and fava bean starch. J. Dairy Sci. 95:2779-2787. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4655

Fabersani, E., Grande, M. V., Aráoz, M. V. C., Zannier, M. L., Sánchez, S. S., Grau, A., Oliszewski, R., and Honoré, S. M. 2018. Metabolic effects of goat milk yogurt supplemented with yacon flour in rats on high-fat diet. J. Funct. Foods. 49:44-457. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.08.042

Fijan S. 2014. Microorganisms with claimed probiotic properties: an overview of recent literature. Int. J. Environ. Res. Public Health 11(5):4745–4767. https://doi.org/10.3390/ijerph110504745

García-Gómez, B., Romero-Rodríguez, Á., Vázquez-Odériz, L., Muñoz-Ferreiro, N., and Vázquez, M. 2019. Sensory quality and consumer acceptance of skim yoghurt produced with transglutaminase at pilot plant scale. Int. J. Dairy Technol. 72:388-394. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12595

Gomes, J. J. L., Duarte, A. M., Batista, A. S. M., de Figueiredo, R. M. F., de Sousa, E. P., De Souza, E. L.; and Queiroga, R. C. R. E. 2013. 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 Sci Technol. 54(1):18-24. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.022

Harte, F., Luedecke, L., Swanson, B., and Barbosa-Cánovas, G. V. 2003. Low fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. J. Dairy Sci. 86(4):1074-1082. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73690-X

IDF – International Dairy Federation. 1995. Fermented and non-fermented milk products: detection and enumeration of *Lactobacillus acidophilus*. IDF, Brussels, Belgium.

Jia, R., Chen H., Chen H., and Ding, W. 2016. Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt. J. Dairy Sci. 99:221-227. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10114

Jindal, N., and Kattar, J. I. S. 2018. Microbial Polysaccharides in Food Industry, in: A.M. Grumezescu, A.M. Holban (Eds.) Biopolymers for Food Design, Academic Press, pp. 95- 123. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00004-9

Laurent, C., Besancon, P., and Caporiccio, B. 2007. Flavonoids from a grape seed extract interact with digestive secretions and intestinal cells as assessed in an *in vitro* digestion/Caco-2 cell culture model. Food Chem. 100:1704-1712. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.016

Lima, K. G. C., Kruger, M. F., Beherens, J., Destro, M. T., Landgraf, M., and Franco, B. D. G. M. 2009. Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. LWT Food Sci Technol. 42:491-495. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.011

London, L. E. E., Chaurin, V., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, P. R., and Stanton, C. 2015. Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. Int. Dairy J. 40:33-38.
https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.011

Machado, T. A. D. G., de Oliveira, M. E. G., Campos, M. I. F., de Assis, P. O. A., de Souza, E. L., Madruga, M. S., Pacheco, M. T. B., Pintado, M. M. E., and Queiroga, R. C. R. E. 2017. Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. LWT Food Sci Technol. 80:221-229.
https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.013

Madureira, A. R., Amorim, M., Gomes, A. M., Pintado, M. E., and Malcara, F. X. 2011. Protective effect of whey cheese matrix on probiotic strains exposed to simulated gastrointestinal conditions. Food Res. Int. 44(1):465-470. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.010

McKevith, B., and Shortt, C. 2003. Fermented Milks - Other Relevant Products. Pages 2383-2389 in Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), B. Caballero, ed. Academic Press, ISBN 9780122270550. https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00458-2

Martins, I. B. A., Deliza, R., dos Santos, K. M. O., Walter, E. H. M., Martins, J. M., and Rosenthal, A. 2018. Viability of probiotics in goat cheese during storage and under simulated gastrointestinal conditions. Food Bioproc. Tech. 11:853-863. https://doi.org/10.1007/s11947-018-2060-2

Mituniewicz-Malek, A., Ziarno, M., and Dmytrów, I. 2014. Incorporation of inulin and transglutaminase in fermented goat milk containing probiotic bacteria. J. Dairy Sci. 97:3332-3338. https://doi.org/10.3382/ps.2014-7892

Narimatsu, A., Dornellas, J. R. F., Spadoti, L. M., Pizaia, P. D., and Roig, S. M. 2003. Avaliação da proteólise e do derretimento de queijo prato obtido por ultrafiltração. Ciência e Tecnologia de Alimentos 23:177-182. (In Portuguese) https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400033

Narvhus, J. A., and Abrahamsen, R. K. 2021. Yogurt: Role of Starter Culture. In Reference Module Food Science, ed. Elsevier. 2021. ISBN 9780081005965. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00226-9

Pal, M., Dudhrejiya, P., and Pinto, S. 2017. Goat milk products and their significance. Beverage & Food World 44(7):21–25.

Rafiq, S., Huma, N., Pasha, I., Sameen, A., Mukhtar, O., and Khan, M. I. 2016. Chemical composition, nitrogen fractions and amino acids profile of milk from different animal species. Asian-Australasian J. Animal Sci. 29(7):1022-1028. https://doi.org/10.5713/ajas.15.0452

Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Pena-Valdivia, C., Vernon-Carter E. J., and Alvarez-Ramírez, J. 2010. Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus L.* Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. J. Food Eng. 101:229-235. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.023

Ranadheera, C. S., Evans, C. A., Adams, M. C., and Baines, S. K. 2012. Probiotic viability and physic-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yoghurts made from goat's milk. Food Chem. 135:1411-1418. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.025

Ribeiro, M. C. E., Chaves, K. S., Gebara, C., Infante, F. N. S., Grosso, C. R. F., and Gigante, M. L. 2016. Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt. Food Res. Int. 66:424-431. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.10.019

Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., and Lyng, J. G. 2010. A comparison of selected quality characteristics of yoghurts prepared from thermosonicated and conventionally heated milks. Food Chem. 119(2):1108-1113. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.025

Roos, S., Noci, F., Axelsoon, L., and Jonsson, H. 2000. *Lactobacillus mucosae* sp. Nov., a new species with in vitro mucus-binding activity isolated from pig intestine. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 50:251-258. https://doi.org/10.1099/00207713-50-1-251

Şanlidere Aloĝlu H, and Öner Z. 2013. The effect of treating goat's milk with transglutaminase on chemical, structural, and sensory properties of labneh. Small Rumin. Res. 109:31–37. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.10.005

Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., and Prosser, C. G. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. Small Rumin. Res. 89:110-124. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033

Silva, H. L. A., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Neto, R. P. C., Rocha, R. S., Moraes, J., Cavalcanti, R. N., Franco, R. M., Tavares, M. I. B., Santos, J. S., Granato, D., Costa, R. G. B., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Ranadheera, S. C., Nazzaro, F., Mortazavian, A. M., and Cruz, A. G. 2018. Partial substitution of NaCl by KCl and addition of flavor enhancers on probiotic Prato cheese: A study covering manufacturing, ripening and storage time. Food Chem. 248:192-200.
https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.064

Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., and 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

Verruck, S; Dantas, D.; and 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. J. Funct. Foods 52:243–257. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017

Vyhmeister, S., Geldsetzer-Mendoza, C., Medel-Marabolí, M., Fellenberg, A., Vargas-Bello-Pérez, E., and Ibáñez, R. A. 2019. Influence of using different proportions of cow and goat milk on the chemical, textural and sensory properties of Chanco–style cheese with equal composition. LWT Food Sci Technol. 112:108226. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.124

Wouters, R. 2012. Low fat yet rich in texture, Greek yoghurt proves irresistible to consumers. Wellness Foods Eur. 3:4-8.

Yamazi, A., Moreira, T., Cavicchioli, V., and Burin, L. R. 2013. Nero Long cold storage influences the microbiological quality of raw goat milk. Small Rumin. Res. 113:205-210. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.02.004

Yang, T., Wu, K., Wang, F., Liang, X., Liu, Q., Li, G., and Li, Q. 2014. Effect of exopolysaccharides from lactic acid bacteria on the texture and microstructure of buffalo yoghurt. Int. Dairy J. 34(2):252-256. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.08.007

Yildiz, H., and Karatas, N. 2018. Microbial exopolysaccharides: Resources and bioactive properties. Process Biochem. 72(2):41–46. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2018.06.009

Zhang, S. S., Xu, Z. S., Quin, L. H., and Kong, J. 2020. Low-sugar yogurt making by the co-cultivation of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 with yogurt starter cultures. J. Dairy Sci. 103(4):3045-3054. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17347

Figure captions

Figure 1. Acidity in lactic acid (g/100 g), pH, and total sugars (g/100 g) of CY (×) and PY (×) over storage.

Figure 2. Syneresis (%), water retention capacity (WRC) (%), and proteolysis (DPI and EPI) (%) of CY (×) and PY (×) over storage.

Figure 3. Viability of lactic acid bacteria in CY (×) and PY (×) over storage.

Figure 4. Viable cell counts of *Lactobacillus mucosae* CNPC007 in Greek-style goat yogurt when exposed (×) and not exposed (×) to simulated digestion.

The pH values in each digestion stage are shown at the top of the graph. PY = probiotic yogurt added with *L. mucosae* CNPC007.

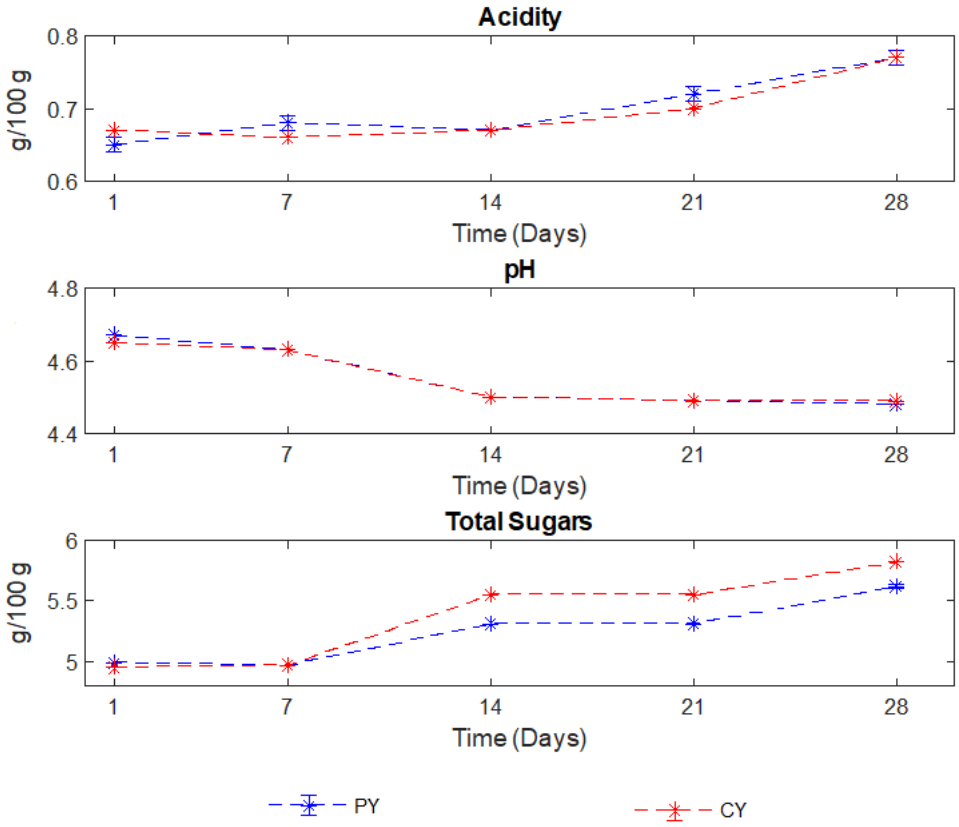

Acidity
g/100 g
0.8
0.7
0.6
1
7
14
21
28
Time (Days)
pH
4.8
4.6
4.4
1
7
14
21
28
Time (Days)
Total Sugars
g/100 g
6
5.5
5
1
7
14
21
28
Time (Days)
PY
CY

Fig. 1.

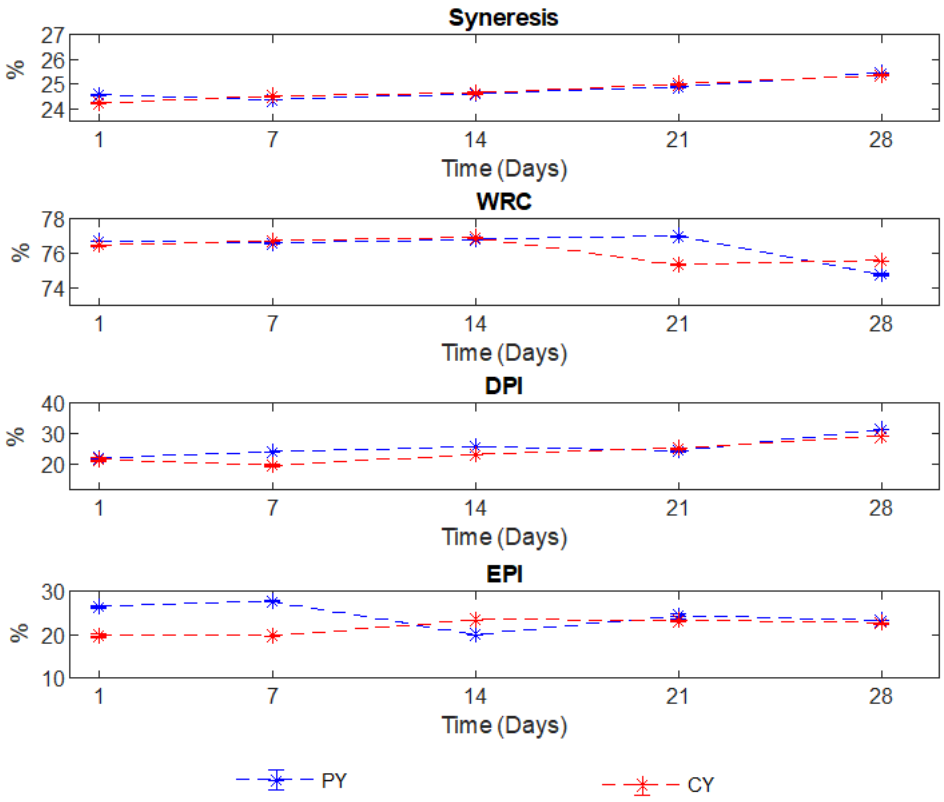

Syneresis
%
27
26
25
24
1
7
14
21
28
Time (Days)
WRC
%
78
76
74
1
7
14
21
28
Time (Days)
DPI
%
40
30
20
1
7
14
21
28
Time (Days)
EPI
%
30
20
10
1
7
14
21
28
Time (Days)
PY
CY

Fig. 2.

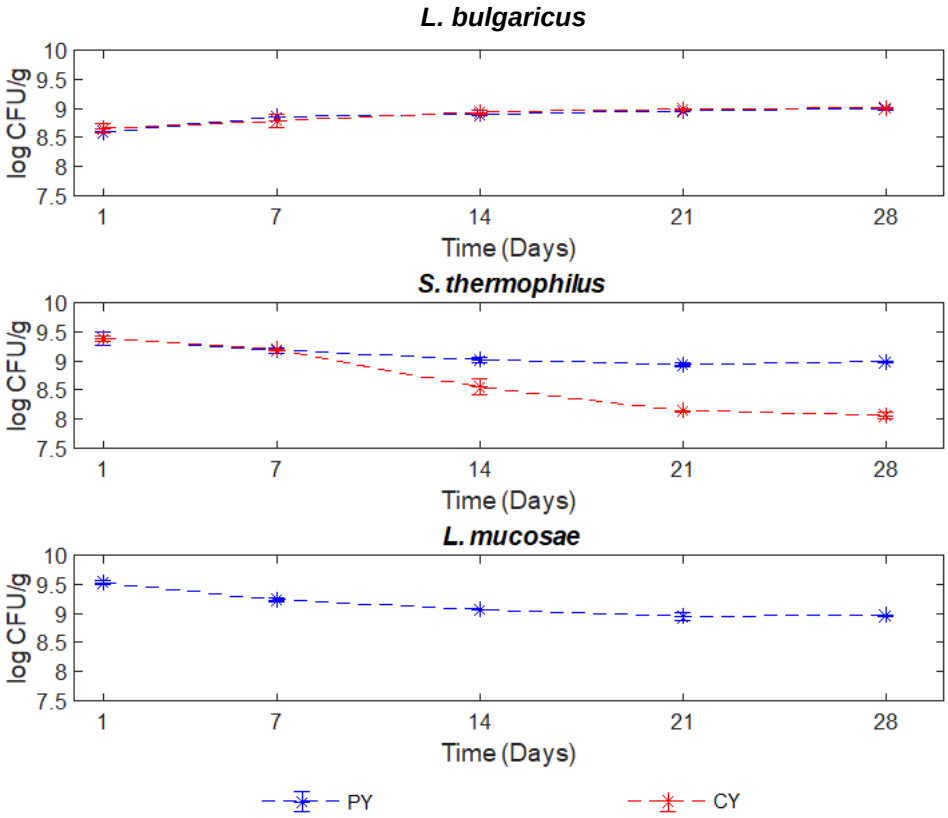

L. bulgaricus
log CFU/g
10
9.5
9
8.5
8
7.5
1
7
14
21
28
Time (Days)
S. thermophilus
log CFU/g
10
9.5
9
8.5
8
7.5
1
7
14
21
28
Time (Days)
L. mucosae
log CFU/g
10
9.5
9
8.5
8
7.5
1
7
14
21
28
Time (Days)
PY
CY

Fig. 3.

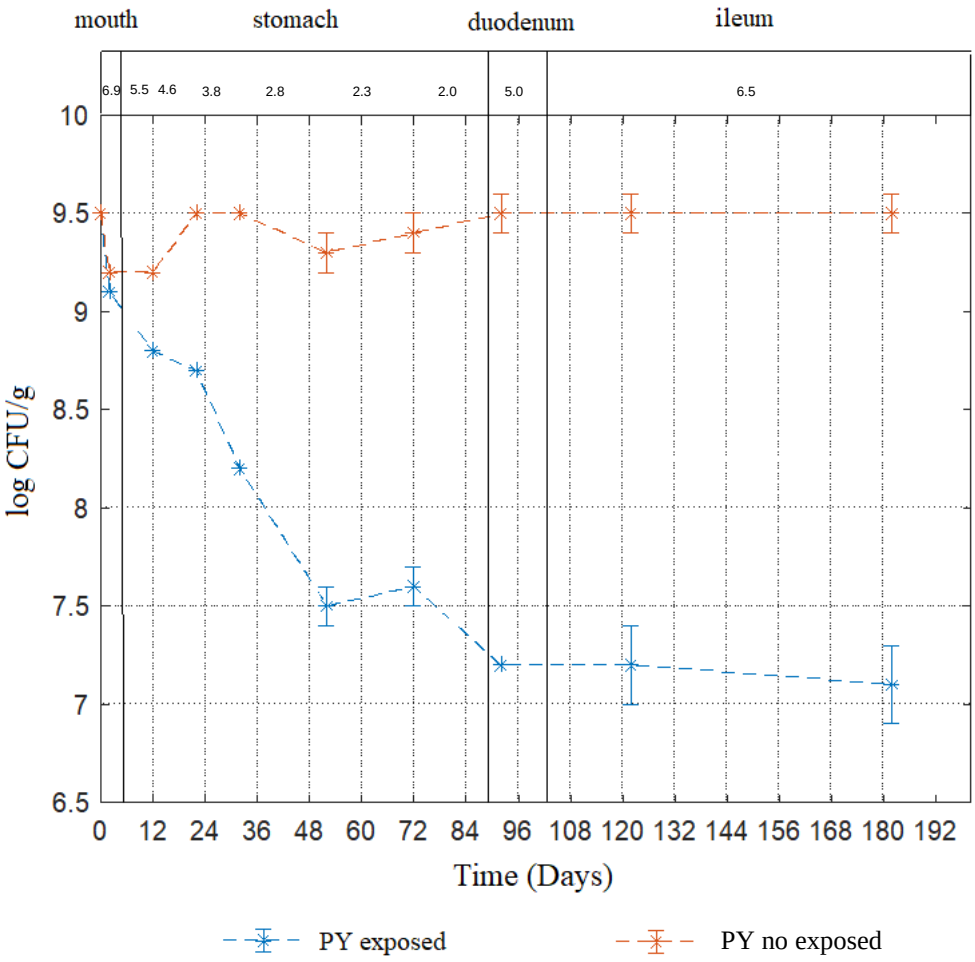

mouth
stomach
duodenum
ileum
6.9
5.5
4.6
3.8
2.8
2.3
2.0
5.0
6.5
log CFU/g
Time (Days)
PY exposed
PY no exposed

Fig. 4.

Table 1. Yogurt formulations.

Code	Proportions of Microorganism
CY	0.4 g starter culture/L of milk
PY	0.4 g/L starter culture + 100 mL *L. mucosae* final inoculum/L of milk

Abbreviations: CY = control yogurt; PY = probiotic yogurt added with *L. mucosae* CNPC007.

Table 2. Processing conditions used in simulated digestion.

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

Table 3. Goat milk's physicochemical properties.

Property	**Mean ± SD**	**Literature references**
pH	6.75 ± 0.00	6.49 ± 0.05[1] and 6.75 ± 0.00[4]
Titratable acidity (g lactic acid/100 g)	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.02[1] and 0.13 ± 0.01[4]
TDE (g/100 g)	13.55 ± 0.20	13.56 ± 0.03[1] and 13.18 ± 1.28[2]
DDE (g/100 g)	10.40 ± 0.10	11.24 ± 0.02[1]
Protein (g/100 g)	3.99 ± 0.02	4.67 ± 0.15[2], 3.59 ± 0.09[3] and 3.57 ± 0.07[4]
Fat (g/100 g)	3.15 ± 0.02	6.82 ± 0.04[1], 5.20 ± 0.05[2], 3.51 ± 0.14[3], and 3.01 ± 0.01[4]
Lactose (g/100 g)	3.82 ± 0.00	3.17 ± 0.42[3] and 4.30 ± 0.04[4]

Abbreviations: TDE – Total Dry Extract; DDE – Defatted Dry Extract; SD – standard deviation. Source: Rafiq et al. (2016)[1], Vyhmeister et al. (2019)[2], Fabersani et al. (2018)[3], and Machado et al. (2017)[4].

Table 4. Apparent viscosity (mPa.s) of yogurt over storage.

Storage time (days)	Formulation	
	CY	**PY**
1	1390.33 ± 54.65^{Ab}	2399.00 ± 55.15^{Aa}
7	1019.16 ± 105.01^{ABb}	1574.00 ± 26.96^{Ba}
14	958.17 ± 115.96^{ABb}	1426.00 ± 121.75^{Ba}
21	853.46 ± 66.35^{Bb}	1626.00 ± 76.21^{Ba}
28	1265.00 ± 349.68^{ABb}	1718.25 ± 150.86^{Ba}

[ab]Means ± standard deviation with different lowercase letters in the same row represent differences between formulations according to the Student's *t*-test ($P \leq 0.05$). [AB]Means ± standard deviation with different uppercase letters in the same column represent differences between storage times according to the Tukey test ($P \leq 0.05$).

Abbreviations: CY = control yogurt; PY = probiotic yogurt added with *L. mucosae* CNPC007.

Table 5. Total phenolic content and antioxidant properties of yogurt over storage.

Property	Day	CY	PY
Total phenolics (mg EGA/100 g)[1]	1	10.96 ± 0.03^{aA}	6.97 ± 0.07^{aB}
	7	10.79 ± 0.12^{a}	6.94 ± 0.06^{a}
	14	10.92 ± 0.09^{a}	6.84 ± 0.03^{ab}
	21	10.42 ± 0.06^{b}	6.76 ± 0.06^{b}
	28	10.29 ± 0.09^{bA}	6.86 ± 0.03^{abB}
FRAP (µmol TEAC/g)[2]	1	0.013 ± 0.000^{aA}	0.010 ± 0.000^{aB}
	7	0.013 ± 0.000^{a}	0.010 ± 0.000^{a}
	14	0.013 ± 0.000^{a}	0.010 ± 0.000^{a}
	21	0.013 ± 0.000^{a}	0.010 ± 0.000^{a}
	28	0.013 ± 0.000^{aA}	0.010 ± 0.000^{aB}
ABTS (µmol TEAC/g)[2]	1	0.19 ± 0.01^{aB}	0.24 ± 0.00^{aA}
	7	0.20 ± 0.00^{a}	0.23 ± 0.01^{a}
	14	0.19 ± 0.01^{a}	0.24 ± 0.00^{a}
	21	0.19 ± 0.01^{a}	0.23 ± 0.01^{a}
	28	0.19 ± 0.01^{aB}	0.23 ± 0.01^{aA}

[ab]Comparisons between storage times for the same formulation. Values in the same column marked with different lowercase letters differed according to the Tukey test ($P \leq 0.05$) for a given property. [AB]Comparisons between formulations at times 1 and 28 days. Values in the same row marked with different uppercase letters differed according to the Student's *t*-test ($P \leq 0.05$) for a given property.

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

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

Abbreviations: CY = control yogurt; PY = probiotic yogurt added with *L. mucosae* CNPC007. FRAP: ferric reducing ability of plasma; $ABTS^{\bullet+}$: cation - 2,2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline)-6-sulfonic acid.

Table 6. Sensory acceptance of yogurts at beginning and end of storage (n=100).

Property	Day	CY	PY
Appearance	1	7.71 ± 0.59^{aA}	7.72 ± 0.61^{aA}
	28	7.69 ± 0.60^{aA}	7.81 ± 0.53^{aA}
Color	1	7.88 ± 0.50^{aB}	8.08 ± 0.60^{aA}
	28	7.90 ± 0.48^{aB}	8.16 ± 0.51^{aA}
Aroma	1	7.20 ± 0.85^{bA}	7.20 ± 0.70^{bA}
	28	7.61 ± 0.57^{aA}	7.50 ± 0.66^{aA}
Flavor	1	6.56 ± 0.78^{bB}	7.51 ± 0.54^{aA}
	28	6.98 ± 0.91^{aB}	7.43 ± 0.54^{aA}
Texture	1	7.81 ± 0.53^{aA}	7.93 ± 0.97^{aA}
	28	7.43 ± 0.83^{bB}	8.03 ± 0.56^{aA}
Overall Acceptance	1	6.84 ± 0.83^{bB}	7.87 ± 0.65^{bA}
	28	7.06 ± 0.34^{aB}	8.04 ± 0.45^{aA}

[ab]Comparisons between storage times for the same formulation. Values in the same column marked with different lowercase letters differed according to the Student's *t*-test ($P \leq 0.05$) for a given property. [AB]Comparisons between formulations at times 1 and 28 days. Values in the same row marked with different uppercase letters differed according to the Student's *t*-test ($P \leq 0.05$) for a given property.

Abbreviations: CY = control yogurt; PY = probiotic yogurt added with *L. mucosae* CNPC007.

4.3 ARTIGO 3

Incorporation of mixed strawberry and acerola jelly into Greek-style goat yoghurt with autochthonous adjunct culture of *Limosilactobacillus mucosae* (CNPC007): Impact on technological, nutritional, bioactive and microbiological parameters

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of strawberry and acerola jelly and *L. mucosae* CNPC007 addition on the technological, nutritional, bioactive and microbiological aspects of Greek-style goat yoghurt. Six yoghurt formulations were produced: without and with the addition of *L. mucosae* (CY and PY, respectively), and with the addition of 10 and 15% of jelly (CY10, CY15, PY10 and PY15, respectively). The jelly addition provided formulations with greater syneresis, less water retention capacity and greater proteolysis in extension at the end of storage when compared to CY and PY formulations. The apparent viscosity was higher after 28 days of storage for the PY formulation, followed by CY15. Formulations with jelly added had a more yellowish hue with reduction of the L* value. There was a reduction in lactose, increase of glucose and galactose, and production of lactic acid in yoghurt formulations with jelly. The jelly contributed to higher levels of total phenolic compounds and higher antioxidant activity in the formulations. *L. mucosae* counts were >7 log CFU/g throughout refrigerated storage and after the in vitro digestion process. It can be concluded that strawberry and acerola jelly can improve the nutritional value and bioactive technological properties of goat milk yogurt.

Keywords: Probiotic yogurt; tropical fruit jelly; apparent viscosity; gastrointestinal conditions; antioxidant activity.

1. Introdução

Goat milk is considered a food with high functional potential, as it naturally contains oligosaccharides, conjugated linoleic acid (CLA), short-chain fatty acids, in addition to vitamin A, B complex and calcium in its composition. It is highlighted that the unique nutritional and therapeutic characteristics of goat milk are superior when compared to bovine milk, being less allergenic and easier to digest (Verruck, Dantas, & Prudencio, 2019). In turn, it is possible to prepare various dairy products from this food matrix, including fermented milks such as yogurt.

Yogurt is one of the most produced and consumed dairy products in the world, being used as an excellent vehicle for probiotic cultures and prebiotic fibers (Moineau-Jean, Champagne, Roy, Raymond, & La Pointe, 2019). However, it is difficult to make goat's milk yoghurt with adequate and acceptable flavor and consistency, as well as in technological terms compared to cow's milk yoghurt (Costa et al., 2016), which is mainly due to the difference in composition and casein content between these matrices (Verruck, Dantas, & Prudencio, 2019). Goat milk micellar structures differ from cow's milk in mean diameter, hydration and mineralization (Park et al., 2007). Therefore, it is necessary to use certain technological strategies. An alternative is to prepare Greek yoghurt, and also to add fruit derivatives such as jellies (Buriti et al., 2014).

Greek yogurt is a concentrated semi-solid dairy product, traditionally produced by filtering fermented yogurt into cloth bags to achieve the desired amount of solids (Gyawali & Ibrahim, 2016), especially proteins, which provide attractive nutritional properties and organoleptic products. A key processing step is to fortify the milk base from adding solids such as powdered milk, as it influences the final texture, rheology, morphology, functional and nutritional properties (Karam, Gaiani, Hosri, Burgain, & Scher, 2013).

The inclusion of fruits and their derivatives, in addition to enriching the nutritional value of yogurt, is an excellent alternative to help mask the characteristic odor of goat products,

increase their nutritional and functional properties, and also increase consumer acceptance of these products (Machado et al., 2017; Ranadheera, Evans, Adams, & Baines, 2012).

Strawberries and acerola stand out among the fruits which are commonly used in preparing yogurts. Strawberries have important biological activities, such as antioxidant, anti-inflammatory and anti-hypertensive action (Giampieri, Alvarez-suarez, & Battino, 2014). These properties result from the presence of secondary metabolites, mainly anthocyanins (Smeriglio, Barreca, Bellocco, & Trombetta, 2016). Acerola is a tropical fruit well known for its high vitamin C and vitamin A contents, in addition to containing thiamine, riboflavin, niacin, proteins and mineral salts. The antioxidant capacity of this fruit is due to the flavonoids and vitamin C (Correia, Borges, Medeiros, & Genovese, 2012).

As already mentioned, dairy products are the most used products to deliver probiotics, being available on the market for many years and well accepted by consumers (Grasso, Brunton, Lyng, Lalor, & Monaghan, 2014). *Lactobacillus spp*. have been extensively studied for probiotic properties, and several strains of this genus have been shown to exert health benefits (Ahmed et al., 2021; Gao et al., 2021). The *L. mucosae* DPC 6426 strain has recently attracted the attention of researchers for its ability to adhere to intestinal epithelial cells and inhibit the growth of pathogens in the human gastrointestinal tract (GIT) through exclusion (London et al., 2015). Adhesion to intestinal mucus is a desirable feature for probiotic bacteria, as it increases the persistence of the GIT and the ability to effectively colonize the intestine (Etzold et al., 2014). In particular, the *Limoselactobacillus mucosae* CNPC007 strain was isolated from goat milk by a group of researchers from the Brazilian Agricultural Research Corporation (*Embrapa*). This strain brings together a set of probiotic and technological properties previously verified from *in vitro* tests (De Moraes et al., 2017), and is considered promising for application in functional dairy products (De Moraes, Dos Santos, De Barcelos, Lopes, & do Egito, 2018).

Therefore, this study evaluated the influence of incorporating mixed strawberry and acerola jelly and the autochthonous adjunct *L. mucosae* CNPC007 culture on the technological, nutritional, bioactive and microbiological aspects of Greek goat yogurt during refrigerated storage.

2. Material and Methods

2.1 Raw material and experimental design

Goat milk (composition: total solids – 13.55 ± 0.20 g/100 g; protein – 3.99 ± 0.02 g/100 g; fat – 3.15 ± 0.02 g/100 g; lactose – 3.82 ± 0.01 g/100 g; fixed mineral residue – 0.70 ± 0.01; acidity in lactic acid - 0.11 ± 0.01 g/100 g; pH - 6.75 ± 0.01) was obtained from a cooperative in Nova Floresta, Paraíba, Brazil, providing us with milk from Toggenburg goats. Commercial goat milk powder (Caprilat®, Macuco, Rio de Janeiro, Brazil) and crystal sugar (União®, Limeira, São Paulo, Brazil) were used in the yogurt formulations. The indigenous *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 culture was obtained from the "Collection of Microorganisms of Interest to the Food and Agroenergy Industry" of Embrapa Tropical Agroindustry (Fortaleza, Ceará, Brazil), and was cultivated according to De Moraes et al. (2017). The starter culture (Y 472, Sacco, Campinas, São Paulo, Brazil) composed of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* was acquired commercially. The fruits were obtained from open markets in the city of Cuité, Paraíba, Brazil.

2.2 Jelly preparation

The ingredients described in Table S1 were used in preparing the jelly. The previously selected fruits were initially washed in running drinking water to remove dirt, and then sanitized with immersion in a sodium hypochlorite solution (150 ppm, 15 minutes). A mixed jelly was

prepared with a 1:1 ratio (fruits:sugar, w/w) and the addition of 20% of water (v/w) based on the sum of fruits and sugar. After being weighed, the fruits were crushed with water in a Shop® industrial blender (2 Liters High Rotation Industrial Inox® 800w model, São Paulo, Brazil). The resulting mixture was mixed with the sugar and subjected to cooking at a temperature of 175 ± 5 °C until reaching the jelly point (soluble solids content [°Brix] between 62-65 ºBrix) (Bezerril et al., 2021).

2.3 Inoculum and yogurt preparation

The inoculum of the probiotic bacteria in milk (FIn) was prepared in two stages. Inoculum 1 (In1) was prepared by diluting 0.1 g of lyophilized *L. mucosae* CNPC007 in 10 mL of reconstituted powdered goat milk (Caprilat) in sterile water and incubated for 22 hours (stationary phase) at 37 °C. Final inoculum (FIn) was prepared in a proportion of 1/2 of In1 + 10 mL of powdered milk reconstituted in sterile water, incubated for 22 hours at 37 °C, with 10-11 log CFU/g. The counts were confirmed by using serial dilutions of the inoculum with sterile peptone water at concentration 0.1 g/100 mL (Sigma-Aldrich®, St. Louis, MA, USA). 10-µL of the proper dilutions were poured onto MRS agar (Oxoid, Basigstoke, UK) and acidified to pH 5 by the microdrop technique. The plates were incubated aerobically at 37 °C for 48 h. The results were expressed in log CFU/g.

Yogurts were made from pasteurized goat milk (65 °C/30 min), added with 10% sucrose and 10% powdered goat milk, and subjected to heat treatment (90 ± 0.5 °C/10 min). After cooling to 40 °C, the milk was added with a starter culture (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Control Yogurt - CY) or added with a starter culture and 100 mL of inoculum (FIn) containing *L. mucosae* CNPC007 per liter of milk (Probiotic Yogurt - PY). The yogurt formulations were incubated in BOD (Biochemical Oxygen Demand) at 45 ± 0.5 °C for 6 hours. Fermentation was terminated at pH

4.5. After overnight refrigeration, the yogurt was drained in a cloth bag for about 18–20 h, as suggested by Şanlidere Aloğlu and Öner (2013). After drainage, 10 or 15% mixed strawberry and acerola jelly were added to the base formulations (CY and PY). The yogurts were stored at 4 ± 0.5 ºC until analysis.

Six Greek goat yoghurt formulations were produced: three formulations without the addition of *L. mucosae* CNPC007, one without jelly and two with 10 and 15%, respectively (named CY, CY10, CY15, respectively); and three with the addition of *L. mucosae* CNPC007, one without jelly and the others with 10 and 15%, respectively (named PY, PY10, PY15, respectively) (Table S2).

Yogurts were evaluated, in triplicate, at times 1, 7, 14, 21 and 28 days of refrigerated storage (4 ± 0.5 °C) regarding their technological, nutritional, bioactive and microbiological characteristics. The protective effect of the food matrix on the survival of *L. mucosae* in simulated conditions of the gastrointestinal tract (GIT) was assessed at 7 days of cold storage.

2.4 Yogurt characterization

2.4.1 Technological Analyses

The susceptibility of yogurt to the separation of water from the clot (syneresis) was determined by draining of 30 g samples for 5 hours at 4 °C (Riener et al., 2010). Syneresis (%) was computed by Equation 1:

$$Syneresis = \frac{Whey\ mass\ after\ filtration}{Fermentd\ milk\ mass} \times 100 \qquad (1)$$

WRC was determined by centrifuging yogurt samples under 2397 *x g*, 15 minutes, 10 °C with a refrigerated centrifuge (model CT-5000R, Cientec, Minas Gerais, Brazil) (Harte et

al., 2003). Apparent viscosity (mPa.s) of 7.5 mL samples was measured with the Brookfield viscometer (model DV II+Pro) with spindle SC4-21, coupled to a thermostatic bath, at 4 ºC under 100 rpm.

2.4.2 Physicochemical Analyses

Yogurts were submitted to instrumental color (Konica Minolta colorimeter, model CR 400), pH (Q400, Quimis®, Diadema, São Paulo, Brazil) and acidity in lactic acid analyses. The moisture, ash, total sugars, lipids and protein analyses according to the Association of Official Analytical Chemist Methods (AOAC, 2016). The extent of proteolysis index and the depth of proteolysis index were determined by the micro-Kjeldahl method (AOAC, 2016) and Equations 2 and 3 (Andreatta et al., 2007):

$$\text{EPI} = \frac{\text{SN at pH 4.6}}{\text{TN}} \times 100 \qquad (2)$$

$$\text{DPI} = \frac{\text{SN in TCA}}{\text{TN}} \times 100 \qquad (3)$$

where EPI is the extent of proteolysis index (%); DPI is the depth of lysis index (%); SN represents the soluble nitrogen; TN, the total nitrogen; and TCA represents trichloroacetic acid.

2.4.3 Sugar and acid organics profile

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

2.4.4 Yogurt bioactive characterization

Determination of Total Phenolic Compounds

For extract preparation, 10-g of yogurts was homogenized with 80% methanol (Sigma-Aldrich) for 10 min with a mini-Turrax apparatus (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brazil), kept resting for 24 h and filtered with a 125 mm-filter paper (Whatman®, GE Healthcare, Chicago, IL, USA), according to the methodology described by Feng et al. (2019). The content of total phenolic compounds of yogurts was determined according to the methodology described by Liu et al. (2002), with some modifications, using 250 μL-aliquot of extract and 1250 μL of Folin-Ciocalteau reagent at 10%. Results were expressed as mg equivalent of gallic acid (EGA) per 100 g of sample (mg EGA/100 g).

Determination of Phenolic profile

For extract preparation, 5-g of yogurts were homogeneized with 5 mL of 80% methanol (Sigma-Aldrich), centrifuged (9000 *x g*, 15 min, 4 °C) and filtered with a 0.45 μm-filter (Millex Millipore, Barueri, SP, Brazil). The identification of the phenolic compounds was carried out according to Padilha et al. (2018), with adaptations to the gradient and runtime for quantification of stylbenes, flavonols and flavanones. The analysis was performed using an Agilent 1260 Infinity LC System liquid chromatograph (Agilent Technologies®, Santa Clara - USA) coupled to a diode arrangement detector (DAD) (model G1315D). The column used was Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4.6 mm, 3.5 μm) and the Zorbax C18 pre-column (12.6 × 4.6 mm, 5 μm) (Zorbax®, USA). The data were processed using the OpenLAB CDS ChemStation Edition software (Agilent Technologies) and the identification and quantification

was done by comparison with standard external standards (Sigma-Aldrich). Results were expressed as mg of phenolic for 100 g of sample (mg/100 g).

Determination of Antioxidant Activity

For extract preparation, followed the methodology described by Feng et al. (2019). The ability of extracts to reduce iron was measured with FRAP (ferric reducing ability of plasma) method as previously described (Rockenbach et al., 2011). Ability of extracts to capture $ABTS^{\bullet+}$ cation (2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic acid) was measured with ABTS method as previously described (Sariburun, Sahin, Demir, Turkben, & Uylaser, 2010). Results of FRAP and ABTS methods were expressed as micromoles of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) per gram of sample (μmol TEAC/g).

2.5 Sanitary quality and lactic bacteria viability

Quality control tests comprised the *E. coli* count in as well as the total molds and yeasts count in CFU/g, and detection of absence of *Salmonella* spp./25 g (APHA, 2005). The lactic bacteria viability included the counts of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* (APHA, 2005), *Limosilactobacillus mucosae* CNPC007 (London et al., 2015), and *Lactobacillus* subsp. *bulgaricus* (Lima et al., 2009).

2.6 Survival of probiotic bacteria under simulated gastrointestinal conditions

The survival of lactic bacteria in yogurts stored at 4 ± 0.5 °C for 7 days was assessed during GIT simulated digestion according to de Oliveira et al. (2014) and Madureira et al. (2011).

2.6.1 Inoculation of Fermented Milk Matrices

For each yogurt formulation, five samples labeled C1, C2, C3, S1, and S2 were produced. C1 and C2 are duplicate yogurts, which were inoculated with the tested probiotic strain, but were not exposed to simulated gastrointestinal conditions; C3 refers to the yogurt inoculated with probiotic strain and exposed to simulated gastrointestinal conditions (used only for adjustments of pH over the stages of simulated digestion). S1 and S2 are yogurts inoculated with the tested probiotic strain and exposed to simulated gastrointestinal conditions. All samples were prepared in sterile 50 mL vials, containing 25 g of yogurt.

2.6.2 Simulation of Gastrointestinal Conditions

The gastrointestinal tract was simulated as per the descriptions in Table 1.

- **Stage 1 (Before simulation):** samples were evaluated before the ingestion.
- **Stage 2 (Mouth):** chewing was simulated using a saliva solution prepared with 100 U/mL of α-amylase (Sigma-Aldrich) diluted in 1 mM $CaCl_2$ solution. Saliva solution was added to 25 g samples at a 0.6 mL/min rate for two minutes. The pH was adjusted to 6.9 using 0.1 M $NaHCO_3$ solution.
- **Stages 3 to 8 (Esophagus-stomach):** pepsin solution was added at a 0.05 mL/mL rate for 90 min. Pepsin solution (Sigma-Aldrich) was prepared in HCl at 0.1 N in a 25 mg/mL ratio (AURA, 2005). The pH of each stage was adjusted according to Table 1, using 1 M HCl solution.
- **Stage 9 (Duodenum):** the intestinal solution was added to the samples at a 0.25 mL/mL rate (Laurent et al., 2007). Such solution was prepared using 2 g/L pancreatin and 12 g/L of bile salts (Sigma-Aldrich), diluted in 0.1 M $NaHCO_3$ solution. The pH adjustment was made with a 0.1 M $NaHCO_3$ solution.
- **Stage 10** (Ileum): a 0,1 M $NaHCO_3$ solution was used to adjust pH to 6,5.

All enzymatic solutions were prepared in sterile and filtered vials using a 0.22 μm filter membrane (Milipore, Billerica MA, USA). After sterilization, all solutions were kept in an ice bath throughout the simulation period. A 37 °C incubation chamber with mechanical stirring (TE-424 TECNAL, Orbital Shaker Incubadora, Sao Paulo, SP, Brazil) was used to simulate both the body temperature and the intestinal peristaltic movements similar to those achieved in each digestive compartment. For each stage of simulation of the GIT, the counts of viable cell of *L. mucosae* added to yogurts were determined by the preparation and sowing of decimal serial dilutions with sterilized peptone water (0.1 g/100 mL) (Sigma-Aldrich) (London et al., 2015).

2.7 Statistical analysis

Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test using $P \leq 0.05$, using the software Statistica, version 13 (StatSoft). The graphs were plotted using Matlab, version R2019b.

3. Results and Discussion

3.1 Technological characteristics

Figure 1 shows the syneresis, water retention capacity (WRC), proteolysis (DPI and EPI) and viscosity results of the six Greek goat yogurt formulations. There was a trend towards an increase in syneresis and a reduction in WRC during storage, and the jelly-containing formulations showed higher syneresis values and lower WRC after 28 days of refrigerated storage ($P \leq 0.05$). Ingredients with high osmolarity added to fermented milk, such as honey or fruit jellies, can typically contribute to a greater attraction of water molecules to casein micelles, with a consequent reduction in the release of water from the product's protein network

(Machado et al., 2017); however, this behavior was not detected in this study. On the other hand, when the three-dimensional protein networks become denser, it gradually loses its ability to attract whey, at which point it is expelled and clearly observed on the surface of fermented dairy beverages (Bezerra, Souza, & Correia, 2012), which would justify the data found for syneresis and water retention capacity observed in our study.

Depth proteolysis (DPI) increased for most formulations, except for PY10 and PY15, which showed a reduction in this parameter after 28 days of storage ($P \leq 0.05$). This index is related to the endoenzyme and exoenzyme activity in lactic culture which degrade high and low molecular weight peptides (Narimatsu, Dornellas, Spadoti, Pizaia, & Roig, 2003). The extension proteolysis (EPI) was significantly higher ($P \leq 0.05$) for CY15, PY10 and PY15 formulations after 28 days of refrigerated storage. Extended proteolysis is related to the natural proteinases of milk and the clotting agent, which degrade proteins into high molecular weight peptides (Narimatsu, Dornellas, Spadoti, Pizaia, & Roig, 2003). The greater proteolysis in extension in the formulations mentioned above can also be explained by the *L. mucosae* CNPC007 strain action, which may have had a potentiated proteolytic effect in the presence of the jelly.

Apparent viscosity was determined at a rotation of 100 rpm for the yogurt formulations over the four weeks of refrigerated storage (Figure 1). There was a reduction in viscosity of all formulations after 7 days of storage ($P \leq 0.05$), followed by stability up to 28 days ($P > 0.05$). PY followed by CY15 showed higher viscosities at the end of storage when compared to the other formulations ($P \leq 0.05$). This behavior for PY and CY15 could be explained by the production of exopolysaccharides by the probiotic strain and the higher concentration of jelly added to the formulation, respectively.

According to London et al. (2015), exopolysaccharides, defined as extracellular polysaccharides produced by some fungi and bacteria, contribute to forming a microstructure

with denser pores, and therefore provide greater viscosity in yogurts. Thus, these authors recommend the use of exopolysaccharide-producing *L. mucosae* strains to provide a more consistent texture in low-fat yogurts.

In this study, it seems that the interaction of the jelly in higher concentration with exopolysaccharides (EPC) produced by *L. mucosae* directly impacted the three-dimensional protein network, contributing to a lower viscosity ($P \leq 0.05$) in the PY10 and PY15 formulations after 28 days. This behavior could be explained by some pseudoplastic effect of the jelly which interacted with protein molecules, interfering with the stability of the protein network in these formulations.

El-Said, Haggag, Fakhr El-Din, Gad, & Farahat (2014) stated that the increase in the pomegranate peel extract concentration in yogurts decreased viscosity values and associated these results with the effect of the pomegranate peel extract on aggregating the protein network in yogurts through electrostatic interactions, corroborating our findings. It is reinforced that goat milk yogurts are characterized by low viscosity due to the low αS1 casein concentrations (Costa et al., 2016), which would justify the results determined for viscosity in this study.

The color of the yogurt formulations is shown in Figure 2. In this study, the jelly-added formulations had lower brightness values (L*) with the predominance of the yellow component (b*) in relation to the green component (a*) ($P \leq 0.05$). These results can be attributed to the presence of pigments (carotenoids and phenolic compounds) in the fruits used in the jelly processing, as well as to the dark compounds resulting from the Maillard reaction, which together may have reduced the luminosity and increased the yellowness (b*) of the yogurts (Farkye, Smith, & Schönrock, 2001). Similar reductions in the L* value were also reported by Costa et al. (2015) when they added cupuaçu pulp (*Theobroma grandiflorum*) to yogurt.

The samples without jelly added (CY and PY) were characterized by higher brightness (91.98-94.58) and lower yellowness (7.37-8.75) than the other formulations (84.60-88.47 and

13.63-17.46, respectively). These results can be explained by the natural white color of milk which results from the presence of colloidal particles, such as milk fat globules and casein micelles, capable of scattering light in the visible spectrum (García-Pérez et al., 2005). In addition, goat milk lacks β-carotene due to a physiological process of converting this pigment into Vitamin A by goats (Park et al., 2007), which would explain the higher L* values in formulations without the jelly addition.

3.2 Physicochemical characteristics

Figure 3 shows the results of pH, acidity and total sugars of the yogurt formulations. There was an increase in acidity during refrigerated storage for all formulations ($P \leq 0.05$). However, this acidity was always lower ($P \leq 0.05$) in the CY and PY formulations (0.65 to 0.77 g/100 g) throughout storage when compared to the other formulations with jelly added (0.84 to 1 .00 g/100 g). There was a concomitant reduction in pH with the increase in acidity after 28 days of refrigerated storage for most formulations ($P \leq 0.05$), except for CY15 and PY15. This behavior was already expected due to the fermentation process of lactic acid bacteria which leads to a greater breakdown of lactose and other sugars present in formulations with production of organic acids, especially lactic acid (Costa et al., 2016). According to Khorshidian et al. (2020), the bacteria slowly continue the fermentation even after the end of the fermentation process at a refrigerated temperature. Probiotic bacteria produce other organic acids, in addition to lactic acid, which contribute to lowering pH and increasing acidity (Costa et al., 2015). The behavior of decreasing pH and increasing acidity during storage was consistent with previous studies of adding fruit co-products to yogurts (Garcia-Perez et al., 2005; Tseng & Zhao, 2013). The natural acids present in fruits can also influence the pH and acidity of yogurt during refrigerated storage, which could explain the higher acidity detected in formulations containing strawberry jam and acerola.

As expected, the formulations with added mixed jelly had higher total sugar levels ($P \leq 0.05$) when compared to CY and PY. The total sugar content was lower for the PY formulation after 28 days of refrigerated storage when compared to the other formulations ($P \leq 0.05$), indicating a higher consumption of sugars in this formulation. This behavior possibly occurred due to the protocooperation between the initiating bacteria (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus*) and the autochthonous *L. mucosae* CNPC007 strain present in the PY formulation, increasing the hydrolysis process of disaccharides into monosaccharides, which are subsequently fermented and transformed into organic acids. In a study with a yogurt produced with *Lactobacillus plantarum* WCFS1 in co-culture added with lactic acid starter bacteria, Zhang et al. (2020) also observed this same behavior of greater consumption of sugars when other groups of microorganisms are added in addition to the starter culture.

Table 2 shows the results regarding the moisture, ash, protein and lipid contents of the Greek-style goat yogurt formulations. There was an impact of adding mixed jelly on the moisture content of the formulations, so that higher jelly concentrations enabled formulations with lower moisture content ($P \leq 0.05$); this is an important technological characteristic when greater microbiological stability of a food product is expected throughout shelf life.

The CY15 and PY15 formulations had higher ash contents (4.35 ± 0.01 and 3.28 ± 0.01, respectively) on the first day of storage when compared to the other formulations ($P \leq 0.05$), indicating that the mineral content of the mixed jelly had a direct impact on this parameter of elaborated yogurts. However, all formulations had reduced ash content after 28 days of refrigerated storage ($P \leq 0.05$), indicating the use of minerals by lactic acid bacteria (starter and/or probiotic) in their metabolism.

There was an influence of both adding the probiotic strain and the jelly on the protein content of yogurt formulations ($P \leq 0.05$), and the formulation with the highest jelly

concentration and with starter culture and *L. mucosae* (PY15) added showed lower amounts of protein at all times of storage, indicating a potential proteolytic action of lactic acid bacteria in co-culture when in the presence of mixed strawberry and acerola jelly.

Lipid content remained stable during refrigerated storage for most formulations, except for PY15, whose values increased (from 2.45 ± 0.09 g/100 g to 3.88 ± 0.02 g/100 g) ($P \leq 0.05$). CY had a higher lipid concentration (3.80 ± 0.36 g/100 g) than the other yogurts (2.45 ± 0.09 to 3.34 ± 0.16 g/100 g) on the first day of storage. However, the lipid content in the formulations stabilized after 28 days of storage, being statistically equal ($P > 0.05$).

Table 3 shows the data referring to the profile of sugars and organic acids of the Greek goat yogurt formulations. There was a reduction in lactose for all formulations ($P \leq 0.05$) during refrigerated storage. This result is related to the fermentation process in which there is an increased need for energy production to multiply and maintain the metabolic activities of lactic acid bacteria in yogurt (Wang, Kristo, & LaPointe, 2020).

Other sugars also indicate the fermentative action performed by bacteria. The degradation of the lactose disaccharide makes it possible to obtain two other compounds, glucose and galactose. There was an increase in glucose and galactose contents ($P \leq 0.05$) during refrigerated storage for all yogurt formulations in this study, possibly due to increased lactose degradation during fermentation. Furthermore, it was found that the mixed strawberry and acerola jelly added together with the starter bacteria in co-culture with *L. mucosae* (PY10 and PY15) directly affected the greatest reductions in lactose contents after 28 days of storage ($P \leq 0.05$).

A total of 4 organic acids were detected in this study, namely: citric, lactic, malic and succinic. There was a concomitant increase in values for organic acids ($P \leq 0.05$) with the reduction of lactose, especially for lactic acid, which was the majority in all formulations. The mean values of lactic acid were generally higher ($P \leq 0.05$) in yogurt formulations with mixed

strawberry and acerola jelly and starter lactic acid bacteria in co-culture with *L. mucosae* CNPC007 (PY10 and PY15), once again demonstrating the impact of mixed jelly on the more intense fermentation process in these formulations.

The increasing values of organic acids in yogurt may reveal the intensity of lactose fermentation by lactic acid bacteria (Borsato-Moysés et al., 2009), since the metabolic activity of these bacteria leads to an increase in glucose and galactose by breaking down lactose, and consequent production of lactic acid (Tseng & Zhao, 2013). Similar results were observed by Almusallam et al. (2021) in yogurt with date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract, and in yogurt with moringa extract (Zhang et al., 2018) and jujube pulp (Pan et al., 2018).

3.3 Bioactive characteristics

Table 4 presents the antioxidant properties of the studied yogurt formulations. There was generally no influence of storage time on the total content of phenolic compounds ($P > 0.05$), with stability of these components up to 28 days of storage for most formulations. However, the mixed strawberry and acerola jelly addition to yogurts contributed to a substantial increase in phenolic compounds ($P \leq 0.05$), with emphasis on formulations without the *L. mucosae* probiotic strain, CY10 (40.21 ± 0.01 to 40.69 ± 0.01 mg GAE/100 g) and CY15 (63.26 ± 0.01 to 64.40 ± 0.01 mg GAE/100 g).

An increase in the antioxidant activity concomitant with the increase in the content of total phenolic compounds was also observed in yogurts with mixed strawberry and acerola jelly added evaluated by both the FRAP and ABTS method, so that the increase in these activities was proportional to the added jelly concentration, with higher values ($P \leq 0.05$) for PY15 (FRAP, 0.176 ± 0.01 to 0.178 ± 0.01 µmol TEAC/g and ABTS, 3.37 ± 0.01 to 3.45 ± 0.01 µmol TEAC/g). Storage time did not influence antioxidant activities for most formulations, which remained stable up to 28 days of storage ($P > 0.05$). Demirci et al. (2017) and Zhang et al.

(2019) reported a significant increase in antioxidant properties in yogurt produced with antioxidant-rich extracts from fruits and plants.

A total of 11 phenolic compounds belonging to the groups of anthocyanins, flavanols, flavonols, flavonones and hydroxycinnamic acids were detected in this study (Table 5). The caftaric acid compound was the major compound and was not detected in the PY and CY formulations, indicating that it is probably a common compound in the fruits used in preparing the jelly. The strawberry and acerola jelly addition directly impacted the amount of phenolic compounds detected in the formulations ($P \leq 0.05$), especially epicatechin (0.50 to 0.57 mg/100 g), catechin (0.80 to 1.10 mg/100 g) and caftaric acid (1.10 to 1.53 mg/100 g). According to Oliveira et al. (2015), yogurt contributes to the stability of some compounds, especially catechin, epicatechin and kaempferol. These results justify the higher antioxidant properties observed in the added mixed jelly formulations (Table 4), indicating this ingredient as a technological strategy to increase the bioactivity of Greek-style goat yogurts.

3.4 Sanitary quality and lactic bacteria viability

The results of hygienic sanitary microbiological analysis revealed that all prepared goat yogurt formulations were suitable for human consumption throughout the assessed refrigerated storage period, indicating good manufacturing practices.

Figure 4 shows the viability of lactic acid bacteria in yogurts. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* increased in most formulations throughout the storage period, except in the CY and PY formulations, which showed a decrease in counts for this microorganism. This behavior could be explained by the *S. thermophillus* multiplication stimulus effect caused by the mixed jelly in yogurt formulations. After 28 days of refrigerated storage, *S. thermophilus* counts were above 8 log CFU/g, with emphasis on PY (8.98 log CFU/g) ($P \leq 0.05$).

In turn, the number of viable *L. bulgaricus* cells increased in all formulations throughout storage ($P \leq 0.05$), with counts ranging from 8.79 to 9.00 log CFU/g. This type of behavior is expected in the yogurt fermentation process, in which *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains show synergistic interactions (protocooperation). *L. bulgaricus* initially grows slower but remains viable for a much longer time. In turn, *S. thermophilus* grows faster at the beginning of the process when the pH of the milk is close to neutrality; but it is surpassed by *L. bulgaricus* in the end due to the greater lactic acid production and its sensitivity to acidity. Thus, there is a much larger number of *L. bulgaricus* than *S. thermophilus* at the end of the process (Narvhus & Abrahamsen, 2021).

The added *L. mucosae* CNPC007 formulations (PY, PY10 and PY15) showed a reduction in viable cell counts of this strain throughout the storage period. Interestingly, PY15, which contained the greatest amount of jelly, had the greatest reduction ($P \leq 0.05$) in probiotic counts (from 9.78 ± 0.02 log CFU/g to 8.66 ± 0.28 log CFU/g), followed by the PY10 sample (from 9.46 ± 0.01 log CFU/g to 8.72 ± 0.02 log CFU/g). Even so, probiotic strain counts in all formulations after 28 days of storage were higher than 8.5 log CFU/g.

The behavior observed among lactic acid bacteria during storage can be explained by the competition for substrates between the bacteria, as well as the different stimuli that phenolic compounds in jellies can provide in the multiplication of lactic acid bacteria. Phenolic compounds and their respective metabolites produced by bacterial activity can affect the growth of different strains in different ways, possibly due to differences in their chemical structures and antioxidant activity (Silva et al., 2017). In parallel to the antagonistic effect between *L. bulgaricus* and the probiotic strain, synthesis of bacteriocins and organic acids may have occurred (London et al., 2015; De Moraes; dos Santos; de Barcelos; Lopes & do Egito, 2018),

in addition to the release of microbial metabolites, which would justify the reductions observed for formulations with *L. mucosae*.

Even so, until the last day of storage the probiotic formulations showed higher *L. mucosae* counts than the minimum recommended to produce beneficial health effects (6 to 7 log CFU in 100 g) (Terpou et al., 2019). Thus, considering that the average portion of yogurt consumption is between 100 and 200 mL, all of the analyzed yogurts are able to meet the consumption of probiotics since the counts were consistent with the recommended dose.

3.5 Survival of probiotic bacteria under simulated gastrointestinal conditions

Figure 5 shows the survival of *L. mucosae* CNPC007 in the PY, PY10 and PY15 formulations during simulated digestion. The Figure also shows the survival of *L. mucosae* CNPC007 in the formulations not subjected to *in vitro* digestion for comparison purposes. As expected, a greater stability of counts (9.18 ± 0.04 to 9.82 ± 0.04 log CFU/g) was observed in samples which were not exposed to simulated gastrointestinal tract conditions. Stomach stages directly impacted *L. mucosae* survival, with more accentuated drops for PY and PY10 when exposed to a pH of 4.6, and for PY15 when exposed to a pH of 5.5. Even so, the PY15 formulation showed the highest viable *L. mucosae* counts in the mouth (9.72 ± 0.04 log CFU/g), duodenum (8.11 ± 0.01 log CFU/g) and ileum stages (7.29 ± 0.02 to 7.75 ± 7.75 ± 0.03 log CFU/g) when compared to the other formulations ($P \leq 0.05$). PY15 had higher *L. mucosae* counts in the last stage of the ileum after 182 min of digestion (7.29 ± 0.01 log CFU/g), followed by PY10 (7.19 ± 0.01 log CFU/g) and PY (7.15 ± 0.01 log CFU/g). These data confirm a possible protective effect of the jelly on the *L. mucosae* CNPC007 strain survival when added to Greek-style goat yogurt, with this matrix being excellent for maintaining *L. mucosae* counts above 7 log CFU/g, constituting sufficient values to consider the formulations as products with

probiotic potential for the consumer (Mantovani et al., 2020; Terpou et al., 2019; Costa et al., 2015).

4. Conclusions

The addition of mixed strawberry and acerola jelly to Greek goat yogurt directly impacted the technological, nutritional, bioactive and microbiological characteristics of the studied formulations. The added mixed jelly contributed to obtaining formulations with lower moisture and protein contents. The fermentative process during storage was evidenced by a reduction of lactose concomitant with an increase in the release of glucose and galactose, which were considerably higher in the yogurt formulations with mixed jelly. This behavior was accompanied by an increase in organic acids throughout storage, especially lactic acid. Furthermore, it was observed that the addition of mixed jelly contributed to higher levels of total phenolic compounds, reflecting the higher antioxidant activity observed in the formulations. The epicatechin, catechin and caftaric acid compounds (among the 11 phenolic compounds detected) possibly contributed to the greater antioxidant capacity observed in the formulations added with jelly. All formulations containing the autochthonous strain exhibited viable cell numbers higher than the minimum recommended to produce beneficial effects on human health over the 28 days of refrigerated storage and after the *in vitro* digestion process (>7 log CFU/g). These results indicate great technological potential of *L. mucosae* CNPC007 and strawberry and acerola jelly to produce functional goat milk yogurts.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest.

Referências

Andreatta, E., Fernandes, A. M., Dos Santos, M. V., De Lima, C. G., Mussarelli, C., Marques, M. C., & Oliveira, C. A. F. (2007). Effects of milk somatic cell count on physical and chemical characteristics of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Technology*, *62*(3), 166-170.

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

Almusallam, I. A., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E., Al-Juhaimi, F. Y., Saleh, A., Qasem, A. A., … Al-Shawaker, A. S. (2021). Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *LWT – Food Science and Technology*, *148*, 111-762. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111762

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

Aura, A. M. (2005). *In vitro* digestion models for dietary phenolic compounds. PhD Thesis, Department of Chemical Technology, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

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

Borsato-moyses, J., Carvalho, I. F., & Hoffmann, F. L. (2009). Avaliação físico-química do leite pasteurizado tipo C produzido e comercializado na região de Tangará da Serra – MT, Brazil – Case study. *Revista do Instituto de Laticínios "Cândido Tostes*", *64*, 22–27. (In Portuguese)

Buriti, F. C. A., Freitas, S. C., Egito, A. S., & dos Santos, K. M. O. (2014). Effects of tropical fruit pulps and partially hydrolysed galactomannan from *Caesalpinia pulcherrima* seeds on the dietary fibre content, probiotic viability, texture and sensory features of goat dairy beverages. *LWT - Food Sciense and Technology*, *59*, 196 – 203. http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.022

Costa, M. P., Frasão, B. S., Silva, A. C. O., Freitas, M. Q., Franco, R. M., & Conte-Junior, C. A. (2015). Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on colour, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, *98*, 5995–6003. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9738

Costa, R. G., Beltrão Filho, E. M., Sousa, S., Cruz, G. R. B., Queiroga, R. C. R. E., & Cruz, E. N. (2016). Physicochemical and sensory characteristics of yoghurts made from goat and cow milk. *Animal Science Journal*, *87*, 703–709. https://doi.org/10.1111/asj.12435

Correia, R. T. P., Borges, K. C., Medeiros, M. F., & Genovese, M. I. (2012). Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. *Food Science and Technology International*, *18*, 539-547. https://doi.org/10.1177/1082013211433077

Cruz, R. G., Beney, L., Gervais, P., Lira, S. P., Vieira, T. M. F. S., & Dupont, S. (2019). Comparison of the antioxidant property of acerola extracts with synthetic antioxidants using an in vivo method with yeasts. *Food Chemistry*, *277*, 698-705. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.099

De Oliveira, M. E. G., Garcia, E. F., De 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

De Moraes, G. M. D., Abreu, L. R., Egito, A. S., Salles, H. O., Silva, L. M. F., Nero L. A., ... Dos Santos, K. M. O. (2017). Functional properties of *Lactobacillus mucosae* strains isolated from Brazilian goat milk. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *9*(3), 235-245. https://doi.org/10.1007 / s12602-016-9244-8.

De Moraes, G. M. D., Dos Santos, K. M. O., De Barcelos, S. C., Lopes, S. A., & Do Egito, A. S. (2018). Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct culture of *Lactobacillus mucosae:* Microbiological, physicochemical and sensory attributes. *LWT – Food Science and Technology, 94,* 57-63. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.028

Demirci, T., Aktaş, K., Sözeri, D., Öztürk H. İ., & Akın N. (2017). Rice bran improve probiotic viability in yoghurt and provide added antioxidative benefits. *Journal of Functional Foods, 36,* 396 – 403. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.019

El-Said, M. M., Haggag, H. F., Fakhr El-Din, H. M., Gad, A. S., & Farahat A. M. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, *59,* 207-212. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2014.11.007

Etzold, S., Kober, O. I., MacKenzie, D. A., Tailford, L. E., Gunning, A. P.; Walshaw, J., … Juge, N. (2014). Structural basis for adaptation of *lactobacilli* to gastrointestinal mucus. *Environmental Microbiology, 16,* 888-903. https://doi.org/10.1111/1462-2920.12377

Farkye N, Smith K., & Schönrock, F. T. (2001) *An overview of changes in the characteristics, functionality and nutritional value of skim milk powder (SMP) during storage.* Wisconsin, USA: U.S. Dairy Export Council. http://usdec.files.cms-plus.com/PDFs/FoodAid/SMPStorageFactSheet.pdf.

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

Garcia-Perez, F. J., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas, E., Perez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. *Color Research & Application, 30,* 457-463. https://doi.org/10.1002/col.20158

Giampieri, F., Alvarez-suarez, J. M., & Battino, M. (2014). Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(1), 3867-3876. https://doi.org/10.1021/jf405455n

Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2016). Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in Food Science & Technology, 56*, 61-76. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.013

Grasso, S., Brunton, N. P., Lyng, J. G., Lalor, F., & Monaghan, F. J. (2014). Healthy processed meat products – Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends in Food Science & Technology*, *39,* 4-17. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.006

Harte, F., Luedecke, L., Swanson, B., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2003). Low fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *Journal of Dairy Sciense. 86,* 1074-1082. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73690-X

Karam, M. C., Gaiani, C., Hosri, C., Burgain J., & Scher, J. (2013). Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review. *Journal of Dairy Research*. *80*(4), 400-9. https://doi.org/10.1017/S0022029913000514.

Laurent, C., Besancon, P., & Caporiccio, B. (2007). Flavonoids from a grape seed extract interact with digestive secretions and intestinal cells as assessed in an in vitro digestion/Caco-2 cell culture model. *Food Chemistry, 100,* 1704-1712. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.016

Lima, K. G. C., Kruger, M. F., Behrens, J., Destro, M. T., Bernadette, M. L., & Franco, D. G. M. (2009). Evaluation of culture media for enumeration of *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in the presence of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus. LWT – Food Science and Technology*, *42*, 491-495. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.011

Liu, M., Li, X. Q., Weber, C., Lee, C. Y., Brown, J., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 2926-2930. https://doi.org/10.1021/jf0111209

London, L. E. E., Chaurin, V., Auty, M. A. E., Fenelon, M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, P. R., & Stanton, C. (2015). Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, *40*, 33-38. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.011

Machado, T. A. D. G., Oliveira, M. E. G., Campos, M. I. F., Assis, P. O. A., Souza, E. L., Madruga, M. S., ... Queiroga, R. C. R. E. (2017). Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *LWT – Food Science and Technology*, *80*, 221-229. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.013

Madureira, A. R, Amorim, M., Gomes, A. M., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2011). Protective effect of whey cheese matrix on probiotic strains exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, *44*(1), 465-470. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.010

Mantovani, F. D., Bassetto, M. C., de Souza, C. H. B., Aragon, D. C., de Santana, E. H. W., 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*, 32-37. https://doi.org/10.1002/jsfa.9988

Moineau-Jean, A., Raymond, Y., Sabik, H., Graveline, N., Claude P., Champagne, D., ... La Pointe, Gisèle. (2020). Effect of manufacturing processes and storage on aroma compounds and sensory properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, *105*, 104662, https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104662.

Mousavi, Z. E., & Mousavi, M. (2019). **The effect of fermentation by *Lactobacillus plantarum* on the physicochemical and functional properties of liquorice root extract.** *LWT – Food Science and Technology*, *105*, 164-168, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.003

Narvhus, J. A., & Abrahamsen, R. K. 2021. *Reference Module Food Science*, (1th ed) Elsevier. 2021. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00226-9

Narimatsu, A, Dornellas, J. R. F., Spadoti, L. M., Pizaia, P. D., & Roig, S. M (2003). Avaliação da proteólise e do derretimento de queijo prato obtido por ultrafiltração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *23*, 177-182. (In Portuguese)

Oliveira A., Alexandre, E. M. C, Coelho, M., Lopes C., Almeida, D. P. F., & Pintado, M. (2015). Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: impact on phytochemicals and milk proteins. *Food Chemistry*, *171*, 370–378. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.107

Pan, L., Liu, F., Luo, S., & Luo, J. (2019). Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT - Food Science and Technology*, *115*, 108479. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108479.

Park, Y. W.; Juárez, M.; Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, *68*, 88-113. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013

Ranadheera, C. S, Evans, C. A., Adams, M. C., & Baines, S. K. (2012). Probiotic viability and physic-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yoghurts made from goat's milk. *Food Chemistry*, *135*, 1411-1418. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.025

Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Gonzaga, L. V., Caliari, V., Genovese, M. I., Gonçalves, A. E. D. S. S., & Fett, R. (2011). Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. *Food Chemistry*, *127*, 174-179. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.137

Sariburun, E., Şahin, S., Demir, C., Türkben, C., & Uylaşer, V. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of raspberry cultivars. *Journal of Food Science, 75*, 328-335. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01571.x

Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., & Trombetta, D. (2016) Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins. *Phytotherapy Research, 30,* 1265-1286. https://doi.org/10.1002/ ptr.5642

Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients, 11*, 1591-1597. https://doi.org/10.3390 / nu11071591

Tseng, A., & Zhao, Y. (2013) Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, *138*(1), 356–365. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.148

Wang, X., Kristo, E., & LaPointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, *100*, 105-453. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453

Verruck, S., Dantas, A., & Prudencio, E. S. (2019). Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and it simplications on human health. *Journal of Functional Foods, 52*(1), 243-257. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.017

Zang, S. S., Xu, Z. S., Quin, L. H., & Kong, J. (2020). Low-sugar yogurt making by the co-cultivation of *Lactobacillus plantarum* WCFS1 with yogurt starter cultures. *Journal of. Dairy Science*, *103*, 3045-3054. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17347

Zhang, T., Jeong, C. H., Cheng, W. N., Bae, H., Seo, H. G., Petriello, M. C., & Han, S. G. (2018). Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology, 101*, 276–284. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010

Figure captions

Figure 1. Syneresis (%), water retention capacity (WRC) (%), proteolysis (DPI and EPI), and apparent viscosity (mPa.s) (%) of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage.

Figure 2. Color parameters of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage.

Figure 3. pH, acidity in lactic acid (g/100 g), and total sugars (g/100 g) of CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage.

Figure 4. Viability (log CFU/g) of lactic acid bacteria in CY (●), PY (■), CY10 (▲), PY10 (▼), CY15 (♦) and PY15 (●) over storage.

Figure 5. Viable cell counts (log CFU/g) of *L. mucosae* CNPC007 inoculated in PY, PY10 e PY15 when exposed (■, ▼, ●) or not exposed (×, ×, ×), respectively, to the simulated gastrointestinal conditions over different incubation times. The pH values that the bacteria were exposed to are indicated in the upper left corner.

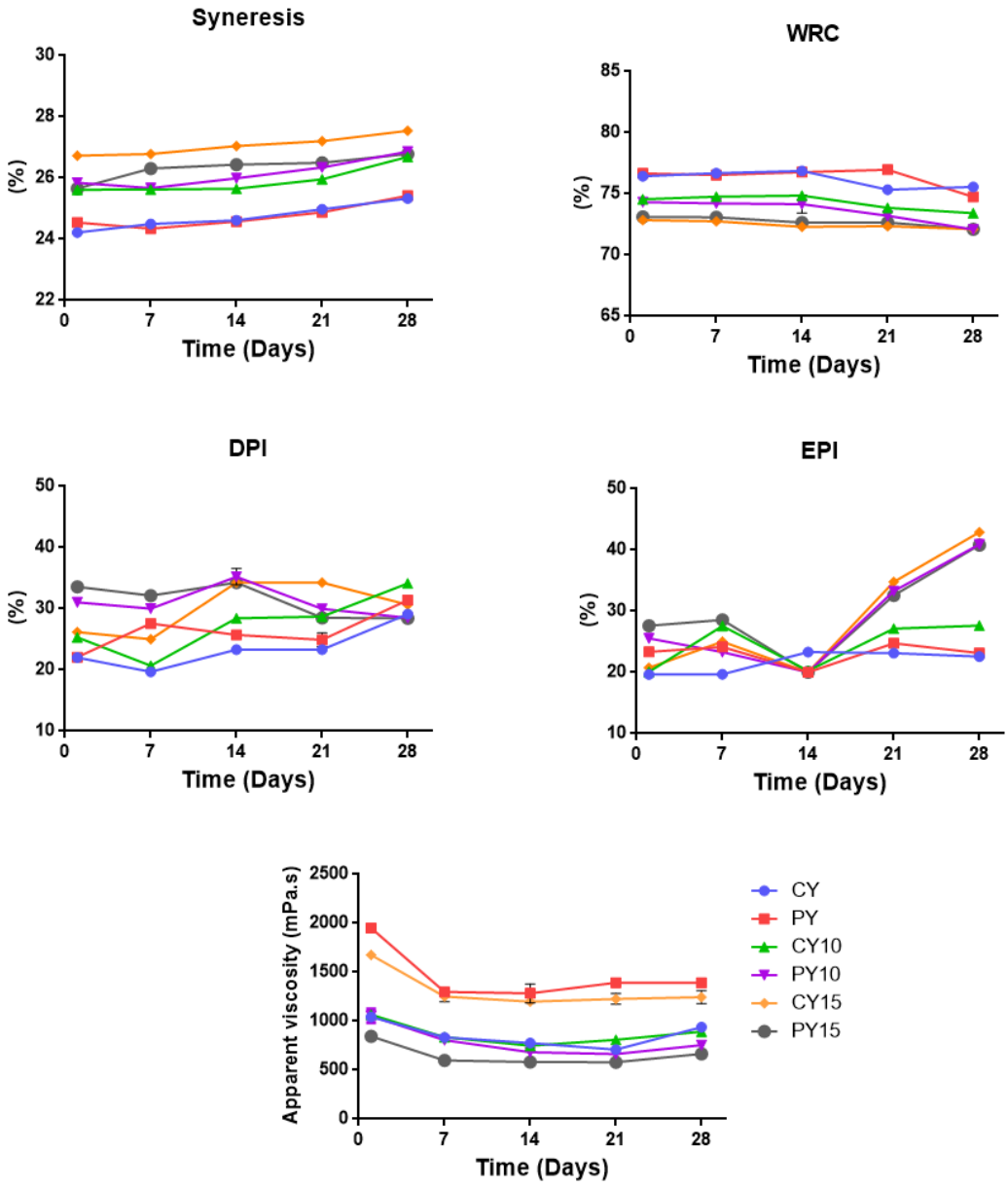

Syneresis
(%)
Time (Days)
WRC
(%)
Time (Days)
DPI
(%)
Time (Days)
EPI
(%)
Time (Days)
Apparent viscosity (mPa.s)
Time (Days)
CY
PY
CY10
PY10
CY15
PY15

Fig. 1.

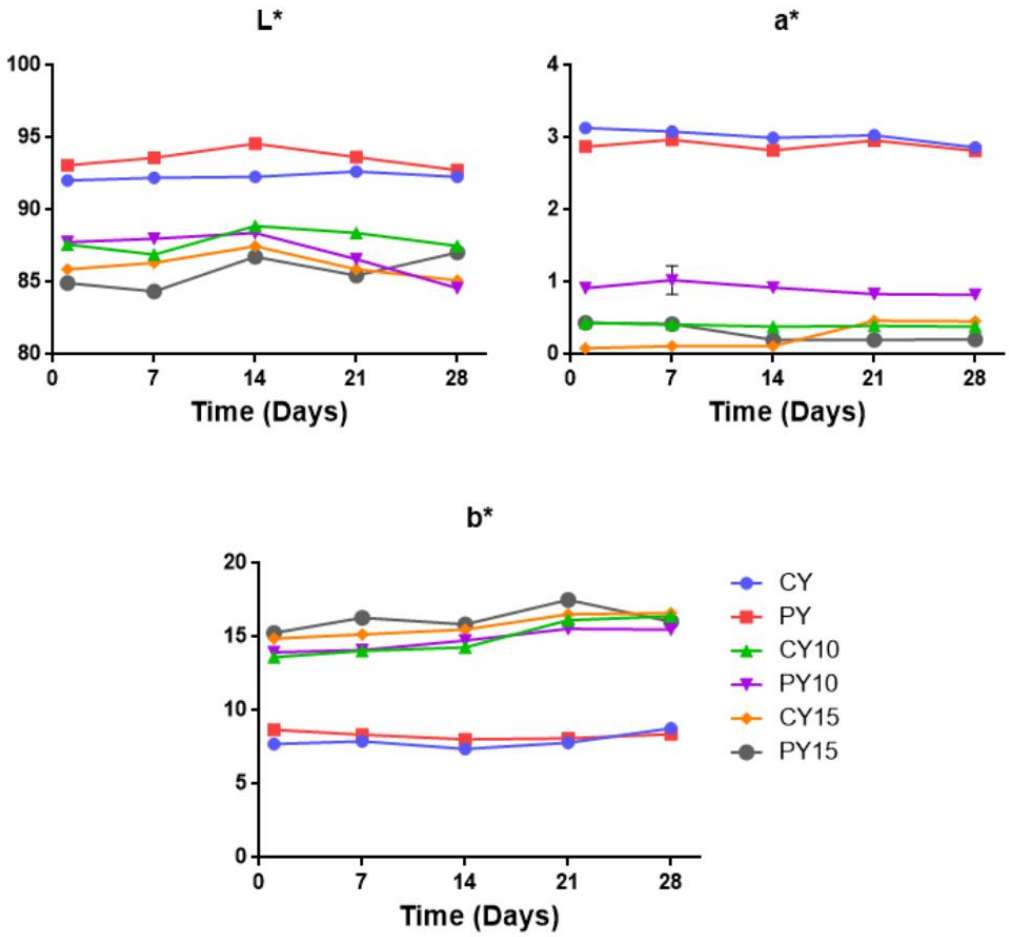

L*
100
95
90
85
80
0
7
14
21
28
Time (Days)
a*
4
3
2
1
0
0
7
14
21
28
Time (Days)
b*
20
15
10
5
0
0
7
14
21
28
Time (Days)
CY
PY
CY10
PY10
CY15
PY15

Fig. 2.

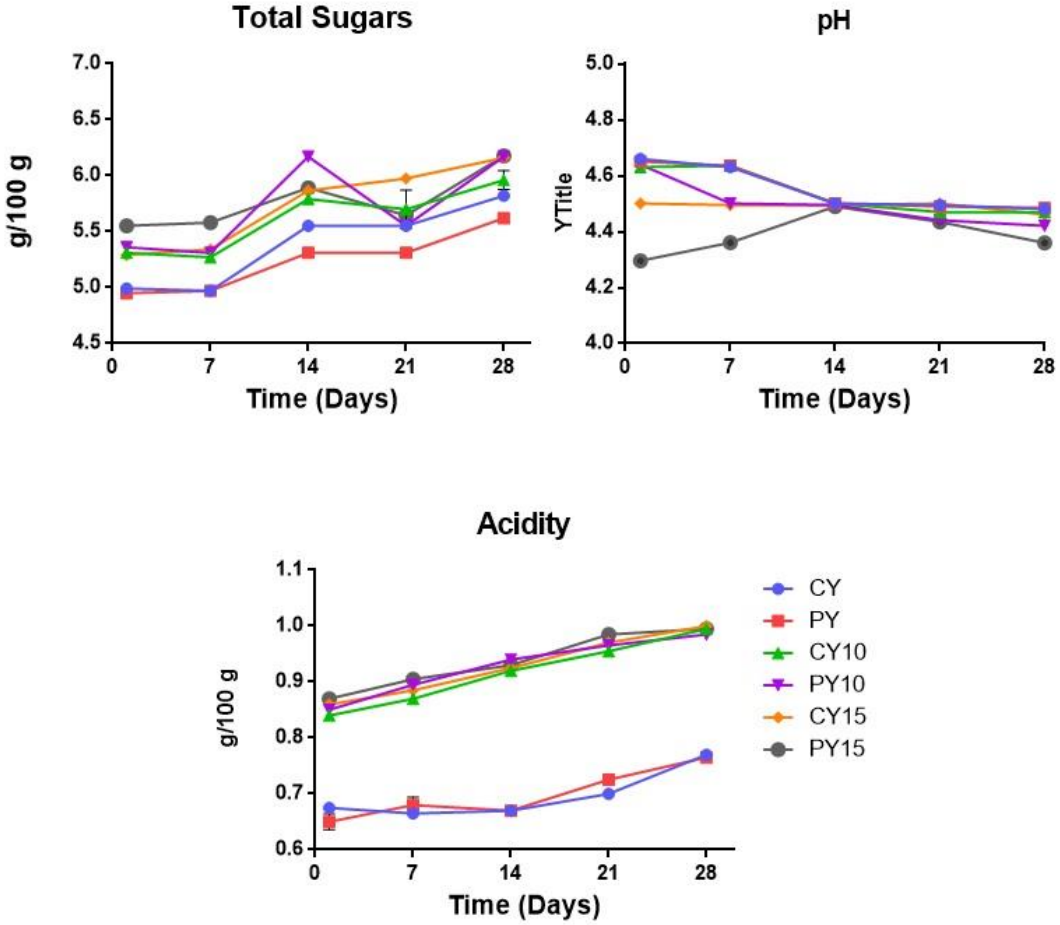

Total Sugars
g/100 g
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
0
7
14
21
28
Time (Days)
pH
YTitle
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
0
7
14
21
28
Time (Days)
Acidity
g/100 g
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0
7
14
21
28
Time (Days)
CY
PY
CY10
PY10
CY15
PY15

Fig. 3.

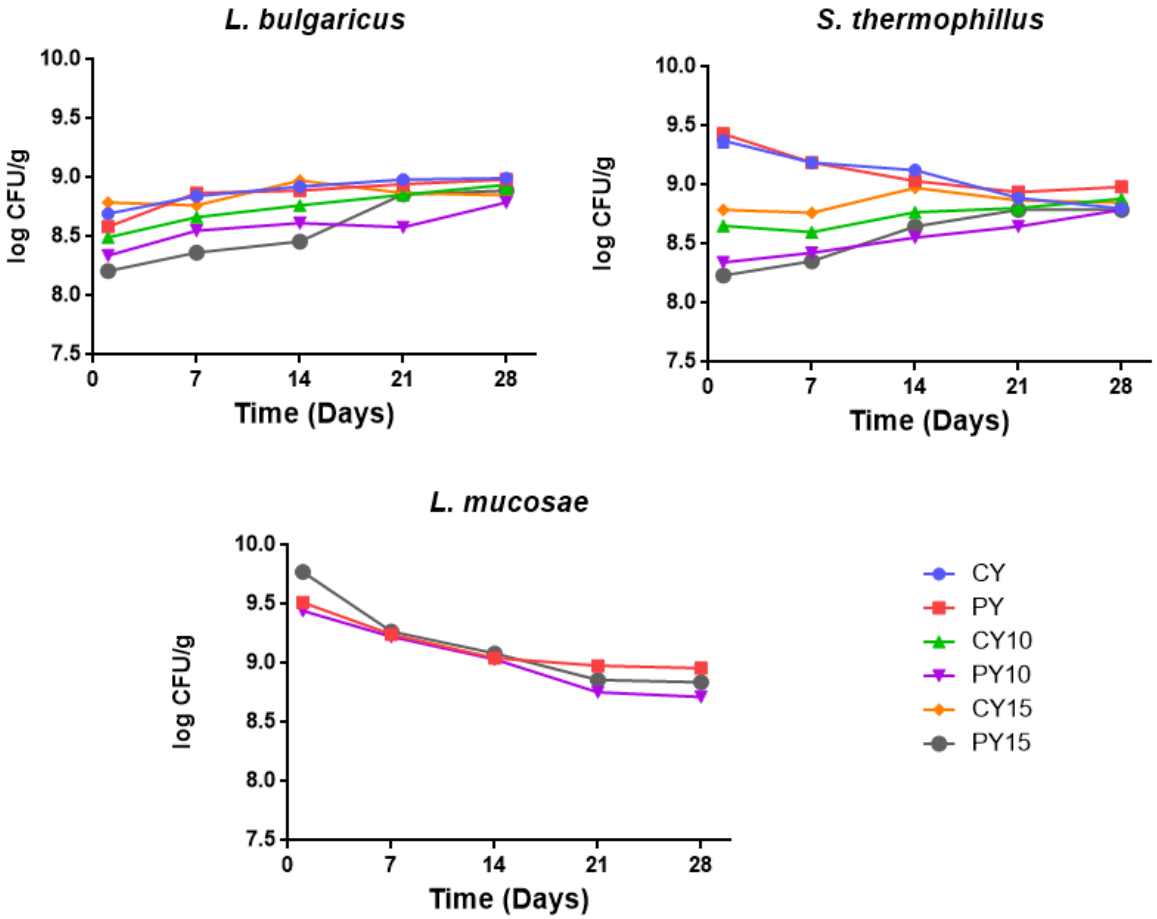

L. bulgaricus
S. thermophillus
L. mucosae
log CFU/g
Time (Days)
10.0
9.5
9.0
8.5
8.0
7.5
0
7
14
21
28
CY
PY
CY10
PY10
CY15
PY15

Fig. 4.

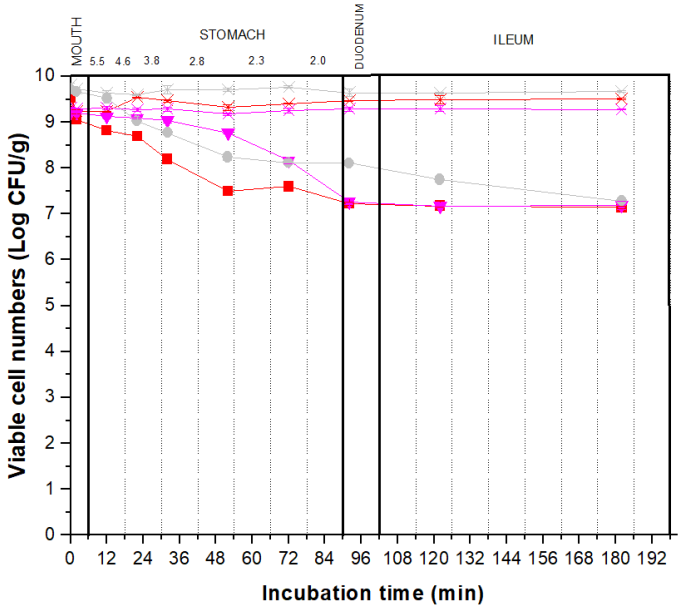

MOUTH
STOMACH
DUODENUM
ILEUM
5.5
4.6
3.8
2.8
2.3
2.0
Viable cell numbers (Log CFU/g)
Incubation time (min)
0
12
24
36
48
60
72
84
96
108
120
132
144
156
168
180
192

Fig. 5.

Table 1. Processing conditions used in simulated digestion.

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

Tabela 2. Physicochemical characteristics of Greek-type goat yogurt formulations during refrigerated storage.

Parameters	Time (Days)	Yogurt formulations					
		CY	PY	CY10	PY10	CY15	PY15
Moisture (g/100 g)	1	76.73 ± 0.17^{aA}	77.33 ± 0.26^{aA}	71.83 ± 0.09^{cA}	73.41 ± 0.18^{bA}	69.53 ± 0.02^{dA}	69.29 ± 0.17^{dAB}
	7	76.63 ± 0.11^{aA}	76.57 ± 0.02^{aA}	68.98 ± 0.55^{dB}	73.92 ± 0.73^{cA}	69.06 ± 0.42^{bdA}	70.11 ± 0.71^{dA}
	14	77.20 ± 0.98^{aA}	76.87 ± 0.20^{aA}	70.77 ± 0.1^{bA}	71.79 ± 0.01^{bA}	67.39 ± 0.05^{cB}	67.94 ± 0.15^{cB}
	21	76.93 ± 0.08^{aA}	76.89 ±1.03^{aA}	71.91 ± 0.26^{bA}	72.78 ± 0.79^{bA}	69.68 ± 0.44^{cA}	68.78 ± 0.05^{cAB}
	28	76.81 ± 0.09^{aA}	76.29 ± 0.60^{aA}	71.44 ± 0.16^{bA}	72.69 ± 0.34^{bA}	69.29 ± 0.36^{cA}	69.02 ± 0.22^{cAB}
Ash (g/100 g)	1	1.15 ± 0.01^{abB}	1.15 ± 0.11^{bcB}	2.10 ± 0.06^{aA}	1.99 ± 0.02^{aA}	4.35 ± 0.01^{aA}	3.28 ± 0.01^{aA}
	7	1.26 ± 0.05^{aA}	1.24 ± 0.05^{bB}	1.50 ± 0.09^{bB}	1.52 ± 0.00^{bB}	1.11 ± 0.01^{bB}	1.10 ± 0.01^{bB}
	14	1.00 ± 0.07^{bC}	1.10 ± 0.00^{bcB}	1.08 ± 0.00^{cdC}	1.05 ± 0.05^{cC}	1.10 ± 0.01^{bB}	0.96 ± 0.01^{cC}
	21	1.09 ± 0.01^{abC}	1.66 ± 0.01^{aA}	1.16 ± 0.06^{cD}	1.00 ± 0.01^{cdC}	1.03 ± 0.01^{bB}	0.90 ± 0.01^{cC}
	28	1.01 ± 0.04^{aC}	0.90 ± 0.09^{cAC}	0.90 ± 0.01^{cAC}	0.91 ± 0.01^{cAC}	0.97 ± 0.01^{bAB}	0.82 ± 0.01^{dD}
Protein (g/100 g)	1	5.65 ± 0.05^{aA}	4.71 ± 0.09^{bcBC}	5.07 ± 0.15^{abAB}	4.12 ± 0.18^{cdC}	4.97± 0.48^{abcABC}	3.78 ± 0.11^{dB}
	7	5.91 ± 0.03^{aA}	5.30 ± 0.17^{bB}	4.92 ± 0.22^{bB}	4.00 ± 0.07^{cC}	4.88 ± 0.04^{cA}	3.64 ± 0.05^{cB}
	14	5.51 ± 0.09^{aA}	5.21 ± 0.00^{aB}	5.21 ± 0.11^{aA}	4.18 ± 0.03^{bB}	4.43 ± 0.12^{bC}	3.79 ± 0.11^{cB}
	21	5.65 ± 0.04^{aA}	5.14 ± 0.11^{bC}	4.97 ± 0.04 ^{bB}	4.45 ± 0.00^{cB}	4.58 ± 0.01^{cB}	4.00 ± 0.11^{dA}
	28	5.01 ± 0.02^{cB}	5.59 ± 0.01^{aABC}	5.21 ± 0.01^{aA}	4.83 ± 0.04^{bA}	4.66 ± 0.27^{acB}	4.06 ± 0.00^{dA}
Lipids (g/100 g)	1	3.80 ± 0.36^{aA}	3.34 ± 0.16^{aAB}	3.18 ± 0.33^{aAB}	3.06 ± 0.16^{aAB}	3.39 ± 0.22^{aAB}	2.45 ± 0.09^{bB}
	7	3.04 ± 0.33^{aB}	3.58 ± 0.18^{aB}	3.09 ± 0.28^{aB}	3.89 ± 0.13^{aA}	3.00 ± 0.35^{aB}	3.43 ± 0.04^{abB}
	14	3.01 ± 0.32^{aB}	4.05 ± 0.13^{aA}	2.96 ± 0.40^{aB}	2.72 ± 0.28^{aB}	3.20 ± 0.27^{aB}	3.04 ± 0.26^{bB}
	21	3.97 ± 0.13^{aA}	3.06 ± 0.03^{aB}	3.00 ± 0.34^{aB}	2.83 ± 0.34^{aB}	3.00 ± 0.35^{aB}	3.64 ± 0.31^{abA}
	28	3.05 ± 0.01^{aB}	3.50 ± 0.51^{aA}	3.80 ± 0.24^{aA}	3.70 ± 0.18^{aA}	3.09 ± 0.29^{aA}	3.88 ± 0.02^{aA}

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.
$^{a-d}$Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test ($P \leq 0.05$), between treatments.
$^{A-D}$Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test ($P \leq 0.05$), over storage time.
Formulations: CY (control yogurt), PY (probiotic yogurt), CY10 (control yogurt with 10% of jelly), PY10 (probiotic yogurt with 10% of jelly), CY15 (control yogurt with 15% of jelly), PY15 (probiotic yogurt with 15% of jelly.

Tabela 3. Sugars and organic acids profile of Greek-style goat yogurt formulations throughout refrigerated storage.

Parameters	Time (Days)	Yogurt formulations					
		CY	PY	CY10	PY10	CY15	PY15
Sugar (g/100 g)							
Glucose	1	0.37 ± 0.01^{eC}	0.40 ± 0.01^{fC}	1.74 ± 0.01^{bC}	1.10 ± 0.01^{dC}	1.86 ± 0.01^{aC}	1.35 ± 0.01^{cC}
	14	0.60 ± 0.01^{eB}	0.43 ± 0.01^{fB}	1.97 ± 0.01^{aB}	1.38 ± 0.01^{dB}	1.95 ± 0.01^{bB}	1.60 ± 0.01^{cB}
	28	0.69 ± 0.01^{eA}	0.51 ± 0.01^{fA}	3.03 ± 0.01^{bA}	3.49 ± 0.01^{aA}	2.02 ± 0.01^{dA}	2.80 ± 0.01^{cA}
Galactose	1	0.42 ± 0.01^{cC}	0.43 ± 0.01^{cC}	1.57 ± 0.03^{aB}	1.46 ± 0.01^{bB}	1.62 ± 0.01^{aB}	1.58 ± 0.02^{aB}
	14	0.43 ± 0.01^{eB}	0.45 ± 0.01^{dA}	1.58 ± 0.01^{bA}	1.48 ± 0.01^{cA}	1.65 ± 0.01^{aA}	1.59 ± 0.01^{bA}
	28	0.44 ± 0.01^{dA}	0.44 ± 0.01^{dB}	1.58 ± 0.01^{bA}	1.48 ± 0.01^{cA}	1.64 ± 0.01^{aA}	1.58 ± 0.01^{bB}
Lactose	1	1.52 ± 0.01^{abA}	1.53 ± 0.01^{aA}	1.50 ± 0.01^{aA}	1.49 ± 0.01^{bA}	1.49 ± 0.03^{abA}	1.53 ± 0.01^{aA}
	14	1.08 ± 0.01^{dB}	0.92 ± 0.01^{eB}	1.20 ± 0.01^{cB}	1.35 ± 0.01^{bB}	1.21 ± 0.01^{cB}	1.40 ± 0.01^{aB}
	28	1.08 ± 0.01^{bB}	0.84 ± 0.01^{dC}	1.02 ± 0.01^{cC}	0.82 ± 0.01^{eC}	1.17 ± 0.01^{aC}	0.98 ± 0.01^{dC}
Organic acids (g/100 g)							
Citric	1	0.07 ± 0.01^{bcB}	0.05 ± 0.01^{bC}	0.04 ± 0.01^{cC}	0.10 ± 0.01^{aB}	0.04 ± 0.01^{cC}	0.04 ± 0.01^{cC}
	14	0.07 ± 0.01^{eB}	0.14 ± 0.01^{aA}	0.11 ± 0.01^{cB}	0.12 ± 0.01^{bA}	0.09 ± 0.01^{dB}	0.08 ± 0.01^{dB}
	28	0.09 ± 0.01^{eA}	0.10 ± 0.01^{dB}	0.13 ± 0.01^{bA}	0.12 ± 0.01^{cA}	0.15 ± 0.01^{aA}	0.15 ± 0.01^{aA}
Lactic	1	0.94 ± 0.01^{bC}	0.78 ± 0.01^{cC}	0.97 ± 0.03^{bC}	1.14 ± 0.02^{aB}	1.00 ± 0.01^{bC}	1.04 ± 0.02^{bB}
	14	1.14 ± 0.01^{aB}	1.14 ± 0.01^{aB}	1.06 ± 0.01^{bB}	1.14 ± 0.02^{aB}	1.16 ± 0.01^{abB}	1.04 ± 0.02^{bB}
	28	1.21 ± 0.01^{cA}	1.20 ± 0.01^{dA}	1.24 ± 0.01^{aA}	1.23 ± 0.01^{bA}	1.24 ± 0.01^{aA}	1.23 ± 0.01^{bA}
Malic	1	0.02 ± 0.01^{dA}	0.03 ± 0.01^{dB}	0.07 ± 0.01^{bC}	0.09 ± 0.01^{aB}	0.08 ± 0.01^{bB}	0.06 ± 0.01^{cB}
	14	0.01 ± 0.01^{eB}	0.09 ± 0.01^{dA}	0.22 ± 0.01^{bB}	0.09 ± 0.01^{dB}	0.20 ± 0.01^{cA}	0.24 ± 0.01^{aA}
	28	0.02 ± 0.01^{eA}	0.09 ± 0.01^{dA}	0.32 ± 0.01^{aA}	0.10 ± 0.01^{dA}	0.20 ± 0.01^{cA}	0.24 ± 0.01^{bA}
Succinic	1	0.10 ± 0.01^{cC}	0.11 ± 0.01^{bcC}	0.12 ± 0.01^{bB}	0.11 ± 0.01^{bB}	0.13 ± 0.01^{aC}	0.12 ± 0.01^{abC}
	14	0.13 ± 0.01^{dB}	0.14 ± 0.01^{cA}	0.15 ± 0.01^{bcA}	0.15 ± 0.01^{bcA}	0.16 ± 0.01^{abA}	0.16 ± 0.01^{aA}
	28	0.14 ± 0.01^{bA}	0.13 ± 0.01^{bB}	0.15 ± 0.01^{aA}	0.15 ± 0.01^{aA}	0.15 ± 0.01^{aB}	0.15 ± 0.01^{aB}

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

[a-f]Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test ($P \leq 0.05$), between treatments.

[A-C]Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test ($P \leq 0.05$), over storage time.

Formulations: CY (control yogurt), PY (probiotic yogurt), CY10 (control yogurt with 10% of jelly), PY10 (probiotic yogurt with 10% of jelly), CY15 (control yogurt with 15% of jelly), PY15 (probiotic yogurt with 15% of jelly).

Tabela 4. Antioxidant properties of Greek-style goat yogurt formulations during refrigerated storage.

Parameters	Time (Days)	Yogurt formulations					
		CY	PY	CY10	PY10	CY15	PY15
Total phenolics (mg EGA/100 g)[1]	1	10.96± 0.03^{eA}	6.97± 0.07^{fA}	40.69± 0.03^{cA}	35.58± 0.06^{dA}	64.40± 0.33^{aA}	58.49± 0.57^{bA}
	7	10.79± 0.12^{eA}	6.94± 0.06^{fA}	40.33± 0.06^{cB}	35.41± 0.06^{dA}	64.40± 0.33^{aA}	58.87± 0.33^{bA}
	14	10.92± 0.09^{eA}	6.84± 0.03^{fAB}	40.29± 0.09^{cB}	35.20± 0.03^{dB}	63.83± 0.87^{aA}	57.92± 0.00^{bA}
	21	10.42± 0.06^{eB}	6.76± 0.06^{fB}	40.46± 0.09^{cAB}	35.12± 0.06^{dB}	63.26± 0.33^{aA}	58.49± 0.57^{bA}
	28	10.29± 0.09^{eB}	6.86± 0.03^{fAB}	40.21± 0.15^{cB}	35.10± 0.12^{dB}	64.21± 0.57^{aA}	57.92± 0.00^{bA}
FRAP (µmol TEAC/g)[2]	1	0.013± 0.00^{dA}	0.010± 0.00^{eA}	0.115± 0.00^{cB}	0.129± 0.00^{bA}	0.129± 0.00^{bA}	0.177± 0.00^{aA}
	7	0.013± 0.00^{eA}	0.010± 0.00^{fA}	0.115± 0.00^{dB}	0.128± 0.00^{bB}	0.128± 0.00^{cA}	0.176± 0.00^{aC}
	14	0.013± 0.00^{eA}	0.010± 0.00^{fA}	0.115± 0.00^{dB}	0.129± 0.00^{bA}	0.127± 0.00^{cB}	0.177± 0.00^{aA}
	21	0.013± 0.00^{eA}	0.010± 0.00^{fA}	0.118± 0.00^{dA}	0.129± 0.00^{bA}	0.128± 0.00^{cA}	0.178± 0.00^{aB}
	28	0.013± 0.00^{eA}	0.010± 0.00^{fA}	0.118± 0.00^{dA}	0.129± 0.00^{bA}	0.128± 0.00^{cA}	0.177± 0.00^{aA}
ABTS (µmol TEAC/g)[2]	1	0.19± 0.01^{fB}	0.24± 0.00^{eA}	1.50± 0.00^{cB}	1.10± 0.00^{dC}	2.56± 0.01^{bC}	3.43± 0.01^{aB}
	7	0.20± 0.00^{fA}	0.23± 0.00^{eB}	1.51± 0.01^{cA}	1.10± 0.00^{dC}	2.57± 0.00^{bB}	3.45± 0.01^{aA}
	14	0.19± 0.01^{fB}	0.24± 0.00^{eA}	1.51± 0.01^{cA}	1.11± 0.01^{dB}	2.58± 0.01^{bA}	3.42± 0.00^{aC}
	21	0.19± 0.00^{fB}	0.23± 0.01^{eB}	1.49± 0.01^{cC}	1.11± 0.01^{dB}	2.55± 0.01^{bD}	3.37± 0.00^{aD}
	28	0.19± 0.00^{fB}	0.23± 0.00^{eB}	1.49± 0.00^{cC}	1.12± 0.01^{dA}	2.58± 0.00^{bA}	3.43± 0.00^{aB}

Results are expressed as average (n=3) ± standard deviation.
$^{a-f}$Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test ($P \leq 0.05$), between treatments.
$^{A-D}$Mean ± standard deviation with different capital letters in the same column differed by Tukey's test ($P \leq 0.05$), over storage time.
[1]The results are expressed in milligram equivalents of catechin (EC) per hundred grams of sample (mg EGA/100 g).
[2]The results are expressed as micromoles of Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) per gram of sample (µmol TEAC/g).
Formulations: CY (control yogurt), PY (probiotic yogurt), CY10 (control yogurt with 10% of jelly), PY10 (probiotic yogurt with 10% of jelly), CY15 (control yogurt with 15% of jelly), PY15 (probiotic yogurt with 15% of jelly). Abbreviations: FRAP - ferric reducing ability of plasma; $ABTS^{\bullet+}$ cation - 2.2-azino-bis (3-etilbenzo-tiazoline)-6-sulfonic acid.

Tabela 5. Profile of phenolic compounds from Greek-type goat yogurt through refrigerated storage.

Phenolic Compounds	Time (Days)	Yogurt formulations					
		CY	PY	CY10	PY10	CY15	PY15
Anthocyanins(mg/100g)							
Procyanidin B2	1	0.02 ± 0.01^{cA}	0.03 ± 0.00^{bA}	0.02 ± 0.00^{cB}	0.03 ± 0.00^{bB}	0.03 ± 0.00^{bA}	0.05 ± 0.00^{aA}
	14	0.02 ± 0.01^{dA}	0.03 ± 0.00^{cA}	0.03 ± 0.00^{cC}	0.03 ± 0.00^{cB}	0.04 ± 0.00^{bA}	0.05 ± 0.00^{aA}
	28	0.02 ± 0.01^{dA}	0.03 ± 0.00^{cA}	0.04 ± 0.00^{bA}	0.04 ± 0.00^{bA}	0.04 ± 0.00^{bA}	0.05 ± 0.00^{aA}
Flavanols (mg/100g)							
Epigallocatechin gallate	1	0.03 ± 0.02^{cB}	0.04 ± 0.02^{cA}	0.06 ± 0.02^{bB}	0.07 ± 0.02^{bB}	0.11 ± 0.02^{aB}	0.11 ± 0.02^{aB}
	14	0.04 ± 0.00^{bA}	0.03 ± 0.00^{bB}	0.07 ± 0.00^{bA}	0.08 ± 0.00^{bA}	0.11 ± 0.00^{bB}	0.12 ± 0.00^{bA}
	28	0.03 ± 0.00^{dB}	0.03 ± 0.00^{dB}	0.07 ± 0.00^{cA}	0.08 ± 0.00^{bA}	0.12 ± 0.00^{aA}	0.12 ± 0.00^{aA}
Epicatechin	1	0.03 ± 0.02^{cA}	0.03 ± 0.02^{cB}	0.51 ± 0.02^{abB}	0.50 ± 0.02^{abB}	0.54 ± 0.02^{aC}	0.55 ± 0.02^{aC}
	14	0.03 ± 0.02^{cA}	0.03 ± 0.02^{cB}	0.52 ± 0.02^{abA}	0.51 ± 0.02^{abA}	0.55 ± 0.02^{aB}	0.56 ± 0.02^{aB}
	28	0.03 ± 0.02^{cA}	0.04 ± 0.02^{cA}	0.52 ± 0.02^{bA}	0.51 ± 0.02^{bA}	0.56 ± 0.02^{aA}	0.57 ± 0.02^{aA}
Epicatechin gallate	1	0.03 ± 0.00^{bA}	0.03 ± 0.02^{bA}	0.05 ± 0.00^{aB}	0.05 ± 0.02^{aB}	0.05 ± 0.02^{aA}	0.06 ± 0.02^{aB}
	14	0.03 ± 0.00^{cA}	0.03 ± 0.00^{cA}	0.06 ± 0.00^{aA}	0.05 ± 0.00^{bB}	0.05 ± 0.01^{bA}	0.06 ± 0.00^{aB}
	28	0.02 ± 0.00^{eB}	0.03 ± 0.00^{dA}	0.06 ± 0.01^{bA}	0.06 ± 0.01^{bA}	0.05 ± 0.00^{cA}	0.07 ± 0.01^{aA}
Catechin	1	0.45 ± 0.02^{cB}	0.46 ± 0.02^{cB}	0.85 ± 0.02^{bB}	0.80 ± 0.02^{bC}	1.07 ± 0.02^{aC}	1.07 ± 0.02^{aC}
	14	0.46 ± 0.01^{cA}	0.47 ± 0.01^{cA}	0.85 ± 0.01^{bB}	0.81 ± 0.02^{bB}	1.08 ± 0.02^{aB}	1.08 ± 0.01^{aB}
	28	0.45 ± 0.02^{eB}	0.47 ± 0.02^{eA}	0.87 ± 0.02^{cA}	0.82 ± 0.02^{dA}	1.09 ± 0.02^{bA}	1.10 ± 0.02^{aA}
Flavonols (mg/100 g)							
Quercetin 3N glucosíde	1	0.02 ± 0.01^{bA}	0.02 ± 0.01^{bA}	0.03 ± 0.01^{aB}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.02 ± 0.01^{bA}	0.02 ± 0.01^{bB}
	14	0.02 ± 0.01^{cA}	0.02 ± 0.01^{cA}	0.03 ± 0.01^{bB}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.03 ± 0.01^{bA}	0.02 ± 0.01^{cB}
	28	0.02 ± 0.01^{cA}	0.02 ± 0.01^{cA}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.02 ± 0.01^{cB}	0.03 ± 0.01^{bA}
Kampeferol 3 glucoside	1	0.02 ± 0.00^{bA}	0.02 ± 0.00^{bA}	0.02 ± 0.00^{bB}	0.03 ± 0.01^{aB}	0.03 ± 0.00^{aB}	0.03 ± 0.00^{aB}
	14	0.02 ± 0.01^{cA}	0.02 ± 0.01^{cA}	0.03 ± 0.01^{bA}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.04 ± 0.01^{aA}
	28	0.01 ± 0.01^{cB}	0.01 ± 0.01^{cB}	0.03 ± 0.01^{bA}	0.03 ± 0.01^{bB}	0.04 ± 0.01^{aA}	0.04 ± 0.01^{aA}
Rutin	1	0.02 ± 0.01^{dB}	0.02 ± 0.00^{dB}	0.05 ± 0.00^{cB}	0.05 ± 0.01^{cA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.06 ± 0.00^{bA}

	14	0.03 ± 0.00^{cA}	0.03 ± 0.00^{cA}	0.06 ± 0.00^{aA}	0.05 ± 0.00^{bA}	0.06 ± 0.00^{aB}	0.06 ± 0.00^{aA}
	28	0.02 ± 0.01^{eB}	0.03 ± 0.00^{dA}	0.05 ± 0.00^{cB}	0.06 ± 0.00^{bB}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.06 ± 0.00^{bA}
Flavonones (mg/100 g)							
Narigenine	1	0.03 ± 0.02^{bB}	0.05 ± 0.02^{aA}	0.03 ± 0.01^{bA}	0.03 ± 0.01^{bA}	0.06 ± 0.03^{aB}	0.05 ± 0.02^{aB}
	14	0.04 ± 0.02^{bA}	0.04 ± 0.02^{bB}	0.03 ± 0.02^{cA}	0.03 ± 0.02^{cA}	0.06 ± 0.02^{aB}	0.06 ± 0.02^{aA}
	28	0.03 ± 0.02^{dB}	0.04 ± 0.02^{dB}	0.03 ± 0.02^{dA}	0.03 ± 0.02^{dA}	0.07 ± 0.02^{dA}	0.06 ± 0.01^{dA}
Hydroxycinnamic acids (mg/100 g)							
Caftaric acid	1	<LOD	<LOD	1.10 ± 0.01^{dB}	1.52 ± 0.01^{bA}	1.16 ± 0.01^{cB}	1.53 ± 0.01^{aA}
	14	<LOD	<LOD	1.11 ± 0.01^{cA}	1.51 ± 0.01^{bB}	1.17 ± 0.01^{dA}	1.52 ± 0.01^{aB}
	28	<LOD	<LOD	1.11 ± 0.02^{dA}	1.52 ± 0.02^{bA}	1.15 ± 0.01^{cC}	1.53 ± 0.02^{aA}
Chlorogenic acid	1	0.05 ± 0.00^{cB}	0.06 ± 0.00^{cA}	0.08 ± 0.00^{bB}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.08 ± 0.00^{bB}	0.09 ± 0.00^{aA}
	14	0.05 ± 0.00^{bB}	0.06 ± 0.01^{cA}	0.09 ± 0.01^{aA}	0.09 ± 0.01^{aA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.09 ± 0.01^{aA}
	28	0.06 ± 0.01^{cA}	0.06 ± 0.00^{cA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.08 ± 0.00^{bB}	0.09 ± 0.02^{aA}

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

$^{a-e}$Mean ± standard deviation with different lowercase letters on the same line differed by the Tukey test ($P \leq 0.05$), between treatments.

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

Formulations: CY (control yogurt), PY (probiotic yogurt), CY10 (control yogurt with 10% of jelly), PY10 (probiotic yogurt with 10% of jelly), CY15 (control yogurt with 15% of jelly), PY15 (probiotic yogurt with 15% of jelly). Abbreviations: <LOD: below the limit of detection.

Table S1. Quantities of ingredients used in the production of mixed strawberry and acerola jelly.

Ingredients	**Quantities***
Refined sugar (g)	500
Acerola pulp (g)	250
Strawberry pulp (g)	250
Water (mL)	200

*Quantities based on the production of 1 kg of jelly.

Table S2. Formulations of Greek-style goat yoghurt.

Formulations	Proportions of Microorganism and Jelly
CY	0.4 g starter culture/L of milk
PY	0.4 g/L starter culture and 100 mL *L. mucosae* final inoculum/L of milk
CY10	0.4 g/L starter culture and 10% of mixed jelly
CY15	0.4 g/L starter culture and 15% of mixed jelly
PY10	0.4 g/L starter culture and 100 mL *L. mucosae* final inoculum/L of milk and 10% of mixed jelly
PY15	0.4 g/L starter culture and 100 mL *L. mucosae* final inoculum/L of milk and 15% of mixed jelly

4.4 ARTIGO 4

CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE MORANGO E ACEROLA E CULTURA ADJUNTA *L. mucosae* CNPC007 USANDO OS METODOS TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA, *CHECK-ALL-THAT-APPLY* (CATA) E ESCALA *JUST-ABOUT-RIGHT* (JAR).

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a percepção do consumidor de iogurte caprino tipo grego probiótico adicionado de geleias de frutas por meio de diferentes técnicas sensoriais: Aceitação e Intenção de compra, Escalas JAR, questionário de verificação de todos os que se aplicam (CATA). Foram elaboradas 6 formulações de iogurte caprino tipo grego: CY, iogurte caprino grego controle PY, iogurte caprino grego probiótico, CY10, iogurte caprino grego controle com 10% de geleia mista, CY15, iogurte controle com 15% de geleia mista, PY10, iogurte caprino tipo grego probiótico com 10% de geleia mista, PY15, iogurte caprino tipo grego probiótico com 15% de geleia mista Os iogurtes foram avaliados nos tempos 1, 14, e 28 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C) quanto ao teste de aceitação sensorial e intenção de compra e no tempo 1 para os testes de escala *just-about-right* JAR e *check-all-that-apply* CATA. Os resultados mostram que de todas as 600 avaliações (100 provadores testando 6 formulações) do teste CATA, 96,8% apontaram coloração brilhante, 76% apresentaram aroma leite caprino e agradável (92,5%), com textura adequada em todas as avaliações, macia (99,8%) e cremosa (97,2%), e também com sabor de leite (81,5%) e de iogurte (99,3%). O aroma e o sabor típicos de leite caprino, que são geralmente rejeitados pelo consumidor, foram beneficiados significativamente tanto pela geleia quanto pelos *L. mucosae* o que indica que os iogurtes probióticos adicionados de geleia mista tem potencial de mercado e são excelentes opções de alimentos aceitos pelo consumidor.

Palavras-chave – preferência do consumidor, produtos lácteos caprinos, frutas tropicais, leite caprino,

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado de laticínios funcionais devido à alta demanda de consumidores preocupados com a saúde, a indústria de laticínios enfrenta grandes desafios. Para atender a demanda desses consumidores e se manter em um mercado competitivo, a indústria precisa desenvolver produtos inovadores com propriedades funcionais úteis (Costa et al., 2017). Um produto lácteo que está entre as escolhas alimentares saudáveis mais populares é o iogurte, levando a indústria a desenvolver novas variedades para se adaptar às necessidades atuais dos consumidores (TORRICO, TAM, FUENTES, GONZALEZ VIEJO, & DUNSHEA, 2020).

O mercado global de iogurte está projetado em US $ 106,6 bilhões em 2024 (CAGR de 4,5%), o que confirma a popularidade deste produto entre os consumidores (MORDOR-INTELLIGENCE, 2019; WAN, KHUBBER, DWIVEDI E MISRA, 2020). Dentre as tendências e inovações na indústria de iogurtes, destaca-se o aumento dos concentrados, com incorporação do mercado de iogurtes do tipo grego. Esse iogurte é produzido com até quatro vezes mais leite do que o iogurte convencional. Leva a um alto teor de proteínas e a uma textura mais encorpada e cremosa, características que são cada vez mais buscadas pelos consumidores deste produto.

A tendência de produtos alimentícios com "rótulo limpo" também está aumentando, em que os consumidores exigem produtos com rótulos contendo ingredientes que são familiares, levando os fabricantes de iogurte a diminuir e até eliminar o uso de aditivos artificiais e conservantes (WAN et al., 2020). Dessa forma, a adição de polpa de frutas tropicais como a acerola e o morango para dar sabor ao iogurte pode funcionar como uma alternativa ao uso de corantes e aromatizantes alimentares, atendendo a essa demanda e contribuindo para diversificar as opções do consumidor (CLARK, MICHAEL, & SCHMIDT, 2019).

O iogurte é um produto muito popular na maioria dos países, independentemente de seu índice de desenvolvimento humano (HUERTAS, 2012). É considerado um produto saudável e goza de uma reputação positiva na mente dos consumidores (ANNUZIATA E VECCHIO, 2013, GRANATO et al., 2010). A adição de bactérias probióticas ao iogurte tem contribuído para aumentar ainda mais essas características, tornando o produto um dos principais representantes das categorias de alimentos funcionais (CRUZ et al., 2013). Do ponto de vista tecnológico, o iogurte resulta da produção de ácido lático durante a fermentação bacteriana da lactose pela cultura starter. A adição de culturas probióticas a exemplo do *L. mucosae* aumenta a complexidade do produto no que diz respeito às suas características sensoriais e estruturais devido à diversidade da atividade proteolítica e produção de ácidos e exopolissacarídeos (LONDON et al., 2015). A incorporação desses diferentes ingredientes ao iogurte como as geleias de frutas e cultuas probióticas proporciona o estabelecimento de múltiplas sensações interligadas, exigindo sua caracterização sensorial (CRUZ et al., 2013). Os aspectos culturais dos consumidores devem ser levados em consideração nesta fase, uma vez que estudos têm mostrado que a diversidade cultural afeta a aceitação de um produto (BONANY et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2020).

Como alternativa para a caracterização sensorial de produtos junto aos consumidores, podem ser utilizadas metodologias rápidas, que não requerem treinamento. É o caso do check-all-that-apply (CATA), uma metodologia inovadora baseada na avaliação de atributos

específicos (CADENA et al., 2014). As respostas do CATA estão diretamente ligadas às percepções dos consumidores sobre as características do produto, que podem ser usadas como dados complementares, fornecendo informações sobre quais atributos são detectáveis de acordo com os consumidores e como isso pode se relacionar com sua preferência e aceitação geral (DOOLEY, LEE, & MEULLENET, 2010).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a percepção do consumidor de iogurte probiótico adicionado de geleias de frutas por meio de duas diferentes técnicas sensoriais: Escalas JAR, questionário de verificação de todos os que se aplicam (CATA). Seis iogurtes foram usados: dois protótipos de iogurtes com diferentes concentrações.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA PRIMA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O leite de cabra (composição: Solidos totais – 13.55 ± 0.20 g/100 g; proteina – 3.99 ± 0.02 g/100 g; gordura – 3.15 ± 0.02 g/100 g; lactose – 3.82 ± 0,00 g/100 g; resíduo mineral fixo – 0.70 ± 0.01; acidez - 0.11 ± 0.01 g/100 g; pH - 6.75 ± 0.00) *in natura* da raça *Toggenburg* foi obtido de um criador de cabras da cidade de Nova Floresta (Paraíba, Brasil). Já as acerolas e os morangos foram adquiridos na feira livre da cidade de Cuité/PB. O açúcar cristal (União®, Limeira, São Paulo, Brasil) e a cultura *starter* (YF-L903, Christian Hansen®, Valinhos, Minas Gerais, Brasil, Batch 3212489) composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* foram obtidos comercialmente. A cultura autóctone *L. mucosae* CNPC007 foi obtida da coleção de microorganismos de interesse para a Embrapa agroindústria tropical, em Fortaleza/CE.

2.2 ELABORAÇÃO DA GELEIA

Os ingredientes descritos na Tabela 1 foram utilizados na elaboração da geleia.

Para o processamento da geleia (composição: aW – 0,86 ± 0.00 g/100 g; pH – 3.33 ± 0.02; Acidez – 1,17 ± 0.01 g/100 g; Brix – 65.00 ± 0.00; Umidade 32,06 ± 0,19 g/100 g; Cinzas 0,23 ± 0,00 g/100 g; Açucares - 62,03 ± 0,07 g/100 g; Glicose - 9,38 ± 0,03 g/100 g; Sacarose 50,02 ± 0,07 g/100 g), as frutas foram previamente selecionadas, lavadas em água corrente e potável para a remoção de sujidades, sanitizadas em imersão com solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 15 minutos. Os frutos foram triturados com água em liquidificador industrial Industrial Shop® (modelo 2 Litros Alta Rotação Industrial Inox 800w).

A mistura resultante foi misturada com o açúcar nas proporções ilustradas na Tabela 1 e submetido à cocção em temperatura de 175 ±10 °C até alcançar o ponto de geleia (teor de sólidos solúveis [°Brix] entre 57-67%).

Tabela 1 – Formulação das geleias de frutas tropicais.

Ingredientes	**Geleia mista de acerola e morango (GAM)**
Açúcar refinado (%)	40
Polpa de acerola (%)	20
Polpa de morango (%)	20
Água (%)	20

Fonte: Autor.

2.3 ELABORAÇÃO DOS IOGURTES

Os iogurtes foram elaborados a partir de uma metodologia padronizada em laboratório e patenteada. Inicialmente, o leite de cabra foi pasteurizado (65 °C/30 min), adicionado de 10% de sacarose e 10% de leite de cabra em pó e submetido a tratamento térmico (90 °C/10 min). Posteriormente, o leite foi resfriado a 40 °C e a cultura *starter* (composta por *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*) e 100 mL de inóculo contendo a cultura autóctone com potencial probiótico *L. mucosae* CNPC007 foram adicionadas. Foram processados seis tratamentos de iogurte caprino grego, CY, iogurte caprino grego controle PY, iogurte caprino grego probiótico, CY10, iogurte caprino grego controle com 10% de geleia mista, CY15, iogurte controle com 15% de geleia mista, PY10, iogurte caprino tipo grego probiótico com 10% de geleia mista, PY15, iogurte caprino tipo grego probiótico com 15% de geleia mista. Os iogurtes foram incubados em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) em temperatura de 45 °C durante 6 horas. O ponto final da fermentação do iogurte foi obtido com base na verificação da firmeza do coágulo e determinação do pH, quando o mesmo atingiu 4,5. Após a coagulação, a coalhada foi transferida para o dessorador (Izumi®) previamente esterilizado e colocado sob resfriamento à temperatura de 4 ºC por 12 horas. Após este período, a massa foi retirada e as formulações com geleia foram acrescidas de geleia mista de morango e acerola. Por fim o iogurte foi acondicionado em recipiente estéril e armazenado sob refrigeração até o momento das análises.

Os iogurtes foram avaliados nos tempos 1, 14, e 28 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C) quanto ao teste de aceitação sensorial e intenção de compra e no tempo 1 para os testes de JAR e CATA.

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE

Os testes de controle de qualidade compreenderam a contagem total de coliformes e a contagem de coliformes termotolerantes em NMP / g, bem como a contagem total de fungos e leveduras em UFC / g (APHA, 2015).

2.4 ANÁLISE SENSORIAL DOS IOGURTES

O estudo sensorial contempla os testes de aceitação em escala hedônica para a avaliação da aparência, cor, aroma, sabor, consistência e aceitação global e intenção de compra das diferentes formulações, além dos testes *Check All That Apply* (CATA) e a escala JAR.

A pesquisa foi realizada com 100 colaboradores não treinados, representados por estudantes e servidores da UFCG – *Campus Cuité*. O painel foi selecionado com base nos hábitos e interesse em consumir iogurte caprino, constituídos tanto pelo gênero feminino como masculino, com faixa etária variando de 18 a 45 anos de idade, não apresentando nenhum problema de saúde ou deficiência física que viesse a comprometer a avaliação sensorial dos produtos. Antes da realização das análises sensoriais, os participantes preencheram um Termo de Consentimento (Apêndice B), de acordo com o previsto pelo Comitê de Ética declarando que não sofrem nenhum tipo de alergia aos componentes do produto analisado e que concordavam em participar da pesquisa. Além disso, a pesquisa foi submetida e a aprovada pelo Comitê de Ética, sob número CAAE:02226912.0.0000.5188.

Inicialmente foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE aos colaboradores da pesquisa. Após a concordância em participar da pesquisa, foi entregue um questionário (Apêndice C) para os mesmos, contendo perguntas socioeconômicas, tais como: faixa etária, sexo, grau de escolaridade, estado civil, número de pessoas que residem junto ao entrevistado e a faixa salarial. No questionário também constavam perguntas quanto ao conhecimento sobre o leite caprino e seus derivados e dados sobre o consumo, como a frequência e os fatores que determinam a compra do leite caprino e seus derivados. Os dados coletados através dos questionários aplicados foram digitados no Excel 2013 (Microsoft®) para elaboração dos gráficos e obtenção dos resultados.

As embalagens foram abertas para degustação somente no momento imediatamente anterior à realização dos testes, sendo descartadas em local apropriado após utilização. Para todas as metodologias, as amostras foram apresentadas em quantidade em torno de 10 g, em copos plásticos brancos de 50 mL, identificados com números de 3 dígitos. As amostras foram mantidas sob refrigeração, à temperatura de 4 ± 1 ºC. A apresentação foi realizada de forma monádica e em blocos completos balanceados segundo metodologia descrita por MacFie, Greenhoff e Vallis (1989). Foram disponibilizados, durante todos os testes, água e biscoito de água para os participantes realizarem a limpeza da cavidade oral entre a degustação de cada amostra. Os testes foram realizados em cabines individuais utilizando-se de luz branca, longe de ruídos e odores, em horários que não compreendiam uma hora antes e duas horas após o almoço.

2.4.1 Aceitação em escala hedônica (impressão global)

Ao longo da vida de prateleira dos iogurtes, os consumidores avaliaram a aceitação em escala hedônica para os atributos aparência, cor, aroma, sabor, consistência e aceitação global (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012). Os provadores atribuíram valores às amostras, numa escala hedonística estruturada com nove pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo). Os formulários (Apêndice B) destinados a este teste contêm campos que possibilitam aos provadores anotar descrições que julgarem importantes. Os iogurtes foram considerados aceitos quando obtiveram média igual ou superior a 5,0 (equivalente ao termo hedônico "nem gostei/nem desgostei"). Paralelamente, foi avaliada a intenção de compra. Para tanto, foi empregado uma escala hedônica estruturada com cinco pontos (1 = jamais compraria; 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse; 5 = compraria).

2.4.2 Escala Just About Right (JAR)

As amostras foram avaliados quanto a intensidade dos atributos cor, aroma caprino, aroma de fruta, consistência, textura, doçura e acidez do iogurte utilizando-se a Escala com 5 pontos. Essa escala, variou de 1, "Extremamente menor que o ideal, a 5, "Extremamente maior que o ideal". (BELISARIO, et al. 2014; DUTCOSKY, 2011)

2.4.3 Check All That Apply (CATA)

Os consumidores também receberam um questionário CATA com uma lista de descritores sensoriais, no qual foram solicitados a selecionar todos os termos considerados aplicáveis para descrever as características sensoriais das amostras. A definição dos termos descritivos que seriam utilizados no teste CATA foi realizada em teste prévio por 17 avaliadores selecionados, por meio do Método Kelly Grid (MOSKOWITZ, 1983).

Os consumidores foram solicitados a marcar todos os termos considerados apropriados para descrever cada uma das formulações de iogurte caprino tipo grego. Os participantes da análise CATA responderam a um questionário, (APÊNDICE F) contendo 31 atributos sensoriais previamente selecionados para descrever as amostras, de acordo com metodologia descrita por Ares, Bruzzone e Giménez (2011). Para evitar tendenciamento, a posição dos termos no questionário foi balanceada de acordo com metodologia adaptada recomendada por Ares, Etchemendy, Antúnez, Vidal, Giménez e Jaeger (2014). Cada termo ocupou todas as posições nas fichas o mesmo número de vezes, gerando 110 modelos diferentes de fichas. Após a avaliação de todas as amostras, os consumidores foram convidados a responder um questionário CATA igual, marcando os termos que consideraram que descrevia o iogurte caprino grego ideal, de acordo com o sugerido por Bruzzone, Vidal, Antúnez, Giménez, Delisa e Ares (2015).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a avaliação dos resultados referentes às análises tecnológicas, físicas, físico-químicas, reológicas, aceitação sensorial, intenção de compra dos produtos, microbiológicas (viabilidade durante armazenamento e simulação do TGI) e perfil químico foram aplicados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, a nível de significância de 5%, para comparação das médias. Para o cálculo destes dados, utilizou-se o *software* Statistica, versão 13 (StatSoft). Os gráficos foram plotados utilizando o *software* Matlab, versão R2019b.

Os resultados das análises sensoriais foram processados usando o *software* SPSS, versão 23 e o Software R, versão 3.6.0, tendo como passo inicial a análise descritiva das variáveis envolvidas para entender o comportamento da amostra por meio de medidas de posição e dispersão para as variáveis quantitativas e o estudo das frequências absolutas e percentuais para as variáveis qualitativas. Para todos os testes estatísticos utilizou-se o nível de 5% de significância. Para identificar se houve diferenças significativas entre as amostras para cada termo utilizado no questionário CATA, utilizou-se o teste Q de Cochran**,** que avaliou a hipótese nula de que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) para aquele atributo entre as amostras, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma das amostras difere de forma significativa

($p<0,05$) das demais em relação à presença deste atributo. Para o formulário JAR, a diferença entre as amostras foi testada usando o teste Friedman, pelo fato de termos uma escala de valores em cada atributo. Este teste não-paramétrico avalia a hipótese nula de que para um determinado atributo não ocorrem diferenças significativas nas respostas entre as amostras, contra a hipótese alternativa de que pelo menos uma amostra tem diferença significativa ($p<0,05$) para o atributo em questão. Para os dois questionários (CATA e JAR), construiu-se a tabela de contingência a fim de verificar o cruzamento entre cada atributo e a amostra em questão. Em seguida, aplicou-se o teste Qui-quadrado de Independência para verificar se a resposta para tal atributo independe ($p>0,05$) do tipo de amostra ou se de fato a resposta para tal atributo está associada de forma significativa ($p<0,05$) com a amostra em questão. Além disto, para cada atributo construiu-se também o *gráfico radar* para identificar a tendência de resposta dos avaliadores. Além disto, foi realizada a Análise de Correspondência (AC) para obter uma representação bidimensional da relação entre as amostras e atributos citados nos dois questionários (JAR e CATA), sendo esta análise realizada sobre a tabela de frequência contendo as amostras nas linhas e os atributos do questionário nas colunas. Foi aplicada também a Análise de Componentes Principais (ACP) a fim de identificar semelhanças nas respostas aos questionários. A partir das características dos atributos, foi possível agrupar amostras semelhantes a partir da Análise de Cluster. Já os resultados dos testes sensoriais de ordenação-preferência foram analisados de acordo com o teste de Friedman, utilizando-se da Tabela de Newell Mac Farlane (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002). Detalhes teóricos sobre os testes utilizados podem ser encontrados em Bussab e Morettin (1987) e Greenacre (2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONTROLE DE QUALIDADE

3.1 ESTUDO DOS CONSUMIDORES

Os resultados para a amostra de 100 consumidores estão ilustrados na Tabela 2 e mostraram uma idade média de 22 ± 3,7 anos, com homogeneidade nestas idades (CV < 20%). Além disto, 50% dos consumidores apresentaram idades inferiores a 21 anos (mediana). A maioria dos consumidores era do sexo feminino (73%), com ensino superior incompleto (75%),

solteiros (79%), morando com 2 a 4 pessoas na sua residência (56%) e com renda *per capita* inferior a 1 salário mínimo (56%).

Tabela 2 - Dados sociodemográficos dos consumidores.

		n	%
Sexo	Masculino	27	27,0%
	Feminino	73	73,0%
Escolaridade	Fundamental Incompleto	0	0,0%
	Fundamental Completo	0	0,0%
	Ensino Médio Incompleto	0	0,0%
	Ensino Médio Completo	16	16,0%
	Ensino Superior Incompleto	75	75,0%
	Ensino Superior Completo	9	9,0%
	Pós-graduação Incompleta	0	0,0%
	Pós-graduação completa	0	0,0%
Estado Civil	Solteiro(a)	79	79,0%
	Casado(a)	21	21,0%
	Viúvo(a)	0	0,0%
	Divorciado(a)	0	0,0%
	Outro(a)	0	0,0%
Moradores na residência	1 pessoa	43	43,0%
	2 a 4 pessoas	56	56,0%
	5 a 8 pessoas	1	1,0%
	Mais de 8 pessoas	0	0,0%
Renda per capita	Menos de 1 salário mínimo	78	78,0%
	Até 1 salário mínimo (R$ 954,00)	21	21,0%
	de 1 a 3 salários mínimos	1	1,0%
	de 4 a 6 salários mínimos	0	0,0%
	mais de 7 salários mínimos	0	0,0%

Quando questionados se conheciam o leite caprino, a grande maioria (84%) respondeu que “sim”, porém apenas 62% dos consumidores afirmou que consumia este tipo de alimento principalmente pelo seu sabor (55%) e por seu valor nutricional (40%), numa frequência de apenas 1 vez por mês (93,5%) na forma de leite fermentado (45,2%) ou como iogurte (33,9%). A baixa frequência de consumo se deu principalmente pela falta de conhecimento sobre o leite caprino (53%) e pelo seu sabor (42%).

3.2 ANÁLISE SENSORIAL

3.2.1 Análise descritiva

3.2.1.1 CATA

Os dados da Tabela 3 mostram que de todas as 600 avaliações (100 provadores testando 6 formulações) do teste CATA, 96,8% apontaram coloração brilhante, 76% apresentaram aroma leite caprino e agradável (92,5%), com textura adequada em todas as avaliações, macia (99,8%) e cremosa (97,2%), e também com sabor de leite (81,5%) e de iogurte (99,3%).

Tabela 3 – Perfil dos atributos das amostras segundo o método CATA (600 avaliações).

	Atributo	**N**	**%**
Coloração	Opaca	20	3,3%
	Brilhante	581	96,8%
	Branca	200	33,3%
	Rosa	298	49,7%
	rosa fraca	203	33,8%
	rosa intensa	0	0,0%
	Homogêneo	600	100,0%
Aroma	leite caprino	456	76,0%
	leite caprino intenso	144	24,0%
	morango acerola	344	57,3%
	ausência fruta	200	33,3%
	Agradável	555	92,5%
	Desagradável	35	5,8%
	Ácido	40	6,7%
Textura	Adequada	600	100,0%
	Macia	599	99,8%
	Granulada	0	0,0%
	presença partículas	0	0,0%
	ausência partículas	600	100,0%
	Viscoso	433	72,2%
	Cremoso	583	97,2%
Sabor	Desagradável	14	2,3%
	Doce	199	33,2%
	acidez típica	329	54,8%
	pouco doce	327	54,5%
	Ácido	59	9,8%
	Leite	489	81,5%
	leite intenso	111	18,5%
	fruta intenso	0	0,0%
	fruta suave	391	65,2%

Iogurte	596	99,3%

3.11.1.2 JAR

Os dados da escala *Just-about-right* (JAR) estão dispostos tabela 4. Estes resultados permitem a visualização quanto à frequência dos atributos marcados como acima, ideal ou abaixo do desejado pelo consumidor, permitindo avaliar por meio de penalização de escalas o quanto o ajuste ao ideal melhoraria a nota e aceitação do avaliador para aquele produto. As características que obtiveram frequência de marcação superior a 20% são consideradas significativas para penalizar a nota na aceitabilidade da amostra.Os dados da Tabela 12 mostram que de todas as 600 avaliações do teste JAR, 92,2% delas apontaram cor ideal (92,2%), aroma ideal (84,5%), textura ideal (95,7%), consistência ideal (77,8%), doçura ideal (52,5%), acidez ideal (84%) e sabor fruta ideal (40,7%).

Tabela 4 – Perfil dos atributos das amostras segundo o método JAR (600 avaliações).

Atributo		**N**	**%**
Cor	Ideal	553	92,2%
	Um pouco menos	47	7,8%
Aroma	Um pouco mais	89	14,8%
	Ideal	507	84,5%
	Um pouco menos	4	0,7%
Aroma fruta	Ideal	309	51,5%
	Um pouco menos	91	15,2%
	Extremamente menos	200	33,3%
Consistência	Ideal	467	77,8%
	Um pouco menos	133	22,2%
Textura	Um pouco mais	15	2,5%
	Ideal	574	95,7%
	Um pouco menos	11	1,8%
Doçura	Um pouco mais	113	18,8%
	Ideal	315	52,5%
	Um pouco menos	124	20,7%
	Extremamente menos	48	8,0%
Acidez	Um pouco mais	32	5,3%
	Ideal	504	84,0%
	Um pouco menos	64	10,7%

Sabor fruta	Um pouco mais	18	3,0%
	Ideal	244	40,7%
	Um pouco menos	164	27,3%
	Extremamente menos	174	29,0%

3.11.2 Aplicação de testes estatísticos

3.11.2.1 CATA

Para identificar se houve diferenças significativas entre as amostras para cada termo utilizado no questionário CATA, utilizou-se o teste Q de Cochran. Os resultados (Anexo A3) indicaram que houve diferença significativa entre as amostras para a maioria dos atributos, sugerindo que estes atributos possuem importância para os avaliadores na percepção global do produto, e mostrando também a capacidade discriminatória destes avaliadores, que são capazes de constatar diferenças entre as amostras. Por outro lado, não houve diferença significativa entre as amostras para a textura macia.

Em geral, não foi percebida a coloração opaca nas amostras, sendo que a amostra IP foi aquela para a qual um maior número de avaliadores identificaram tal característica (Anexo A4). Com exceção da amostra IP, os avaliadores perceberam a coloração brilhante nos iogurtes (Anexo A5). A coloração branca foi percebida apenas nas amostras 325 (IC) e 522 (IP), ou seja, as formulações que não contêm geleia (Anexo A6). Os avaliadores perceberam a coloração rosa apenas nas formulações IP10, IP15, IC10 e IC15, ou seja, aquelas que possuem geleia em sua composição (Anexo A7).

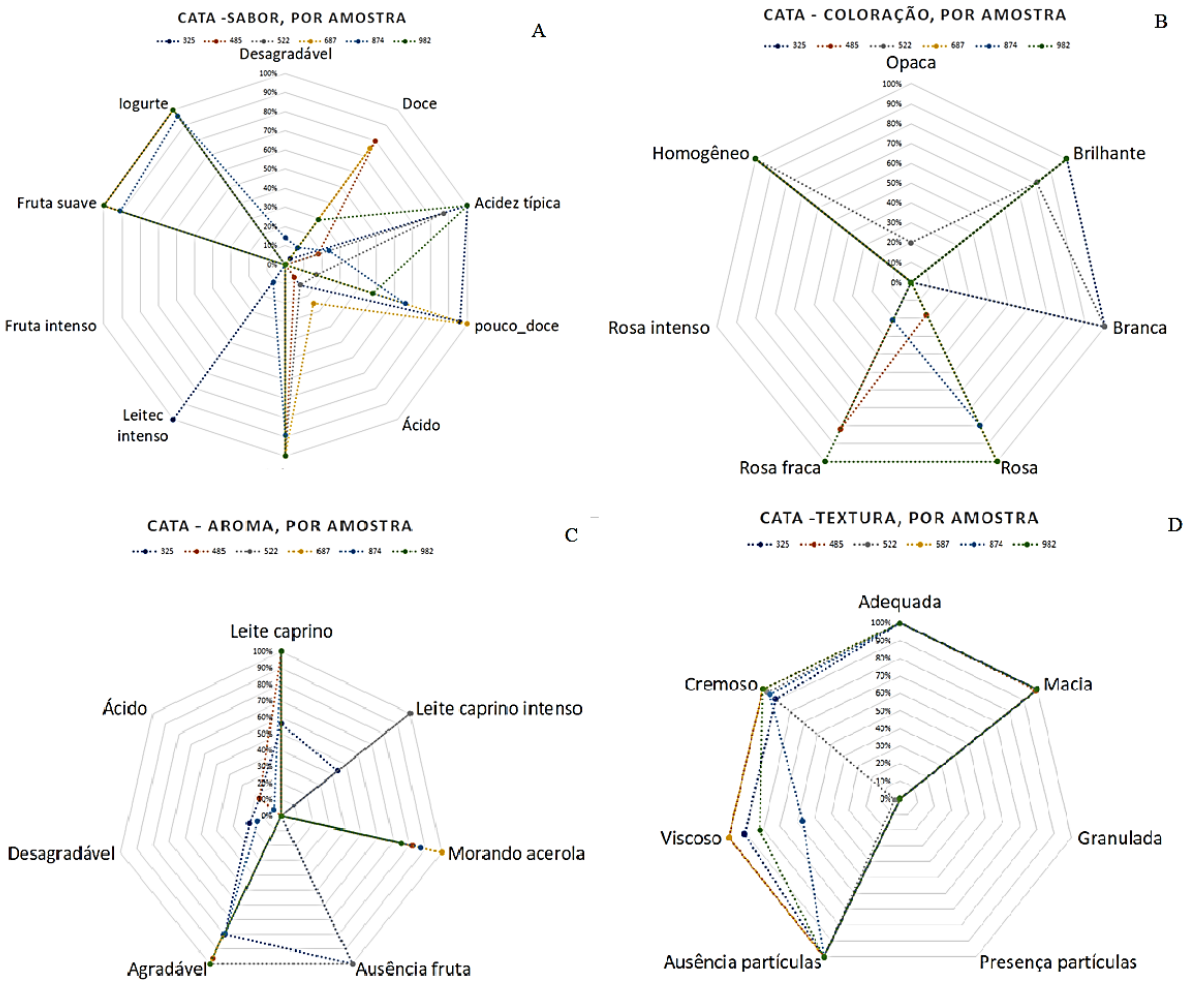
A percepção de aroma variou bastante entre amostras, com o aroma de leite caprino sendo menos perceptível na amostra IC (56% versus 100% em todas as outras amostras) (Anexo A8). O aroma de morango e acerola foi percebido por 100% dos provadores na amostra IC15, versus 87% na IP15 (Anexo A9). Apenas a formulação IC foi caracterizada por aroma desagradável (20% das respostas) (Anexo A10).

Segundo os avaliadores, todas as amostras possuem textura macia, são não granuladas e sem presença de partículas (Anexo A11). A textura viscosa (Anexo 12) foi percebida principalmente nas amostras IC, IC10, IC15 e IP10, indicando um impacto positivo da adição de geleia na textura do iogurte. A textura cremosa foi percebida em todas as amostras (Anexo A13).

Nenhuma amostra apresentou percepção de sabor desagradável, com exceção da formulação IP15 (14%) (Anexo A14). As amostras IP10 e IP15 não foram identificadas com o sabor ácido, sugerindo uma interação positiva entre a cepa probiótica e a geleia mista na redução da acidez do produto (Anexo A15). O aroma de leite intenso (Anexo A16) foi perceptível para 100% dos provadores na amostra IC, mas não foi percebido nas outras amostras (0-11%). Ou seja, tanto a adição de geleia quanto de *L. mucosae* é benéfica para mascarar o sabor forte de leite caprino. A adição de geleia mista de morango e acerola possivelmente permitiu diminuir a percepção do aroma do leite de cabra, o que pode ser favorável por facilitar o consumo desses produtos por consumidores não familiarizados com produtos lácteos de cabra. a adição de geleia mista deve ser uma estratégia valiosa para mascarar o odor característico de produtos lácteos de cabra (Ranadheera et al., 2012, Ndabikunze et al., 2017) .

A Figura 1 apresenta os gráficos radar para cada um dos atributos sensoriais das formulações de iogurte.

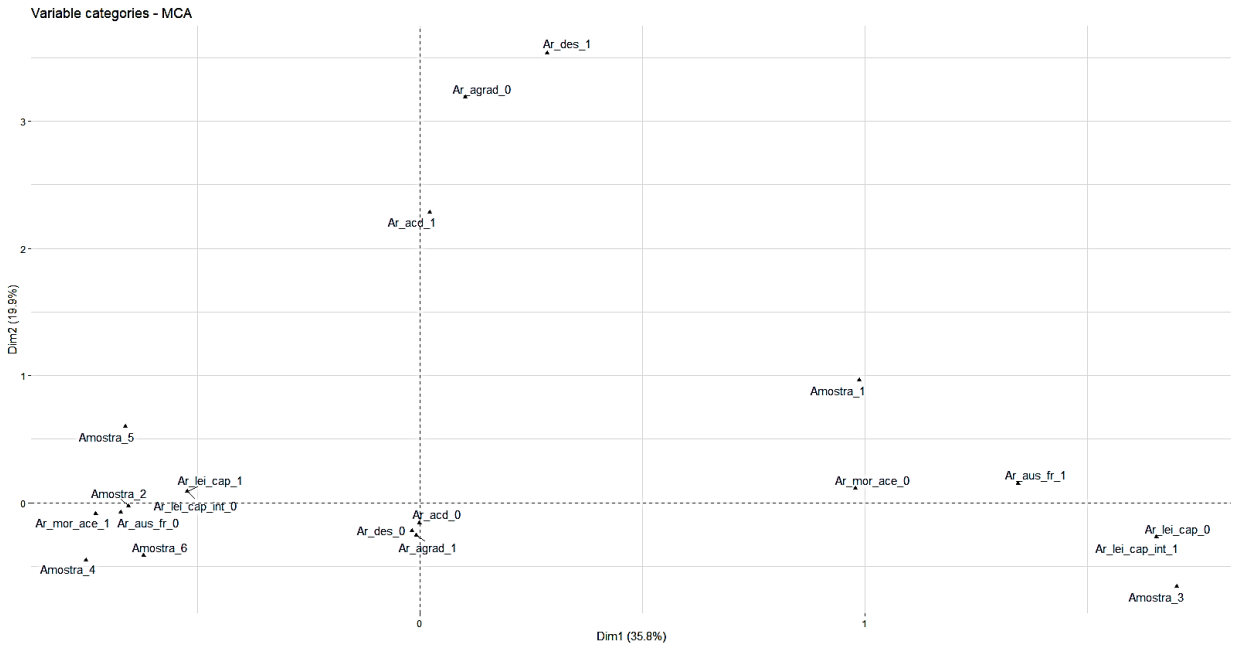
Figura 1 – Gráfico radar para os atributos sensoriais das seis formulações de iogurte segundo 100 provadores: (a) sabor, (b) coloração, (c) aroma e (d) textura.

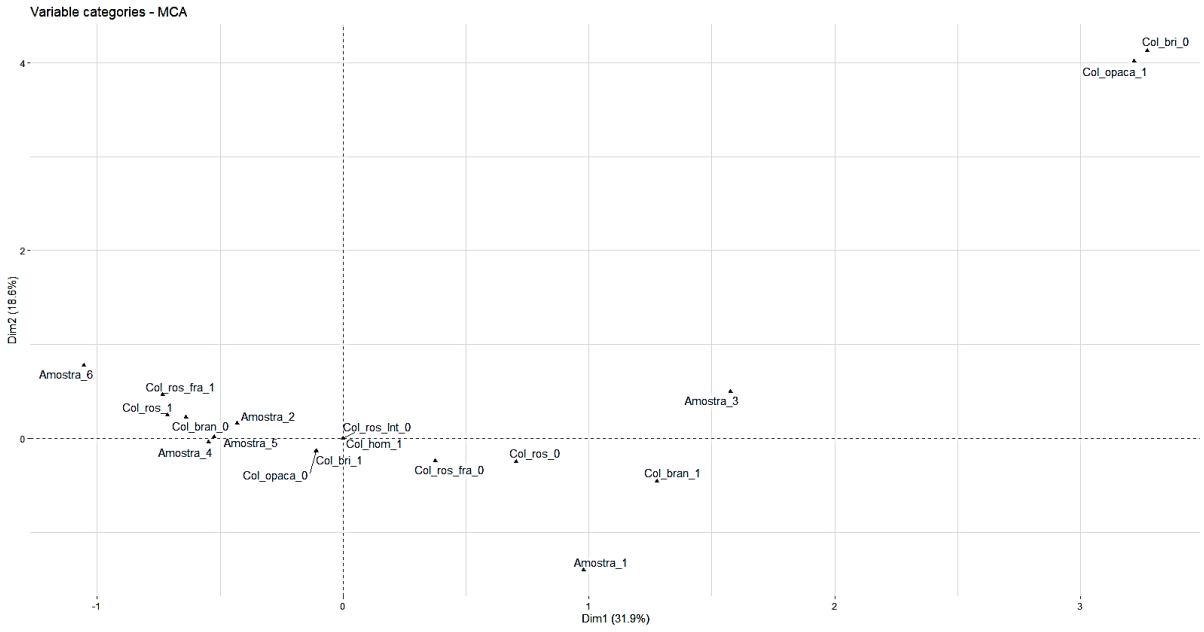


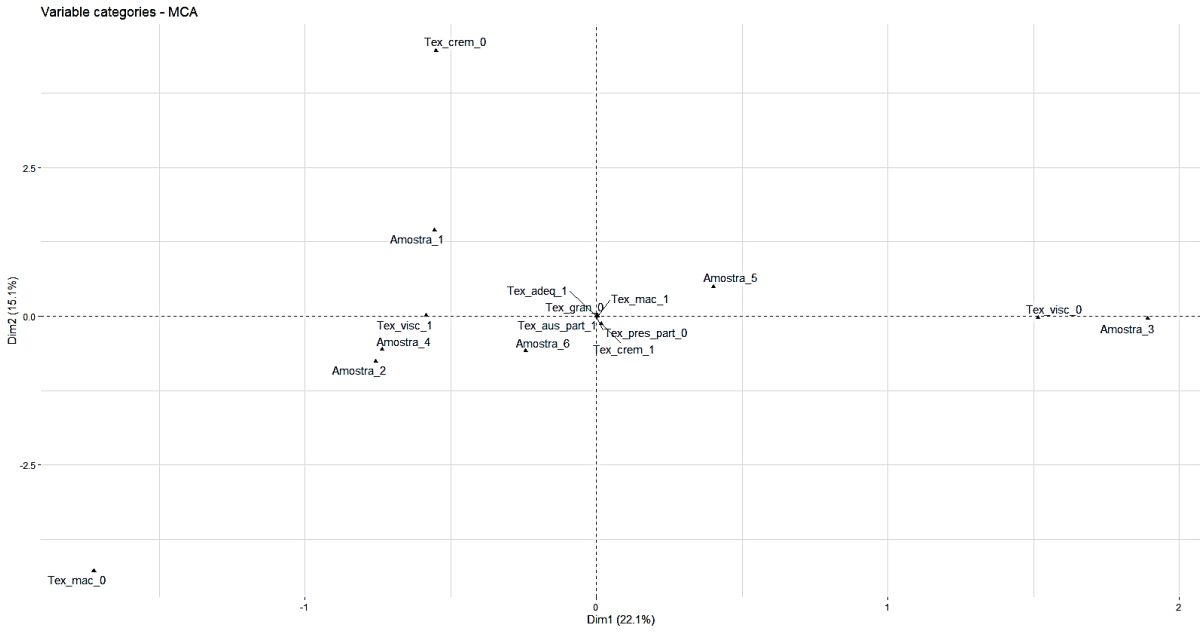
Códigos das amostras: 325 = IC, 522 = IP, 485 = IC, 687 = IC15, 687 = IC15, 982 = IP10 e 874 = IP15.

A Figura 8 apresenta a análise de correspondência entre as amostras de iogurte caprino e seus atributos sensoriais. Na Figura 8a, as amostras 2, 4, 5 e 6 (formulações IC10, IC15, IP10 e IP15) foram caracterizadas pelo aroma de leite caprino e aroma de morango e acerola. Isto indica que a adição de geleia melhora a aceitação sensorial do iogurte, mas o aroma característico de leite caprino ainda é perceptível. As amostras 2, 4 e 5 (IC10, IC15 e IP15) assemelham-se em relação à coloração rosa fraca ou rosa, o que é esperado por conta da coloração da geleia (Fig. 8b). Quanto ao sabor (Fig. 8c), a amostra 1 (IC) teve característica de leite intenso, o que é esperado por se tratar da formulação sem geleia e sem cultura probiótica. As amostras 2 e 4 (IC10 e IC15) apresentaram similaridade em relação à textura viscosa, sugerindo novamente que a presença de geleia e a ausência de cultura probiótica são benéficas à textura do produto (Fig. 8d).

Figura 2 – Análise de correspondência CATA para os atributos sensoriais das seis formulações de iogurte segundo 100 provadores: (a) aroma, (b) coloração, (c) sabor e (d) textura.







Amostra_1= 325 = IC, Amostra_2=485 = IC10, Amostra_3=522 = IP, Amostra_4=687 = IC15, Amostra_5=874 = IP15, Amostra_6=982 = IP10. O sufixo _0 indica “Não” e o sufixo _1 o “Sim”.

3.11.2.2 Escala JAR

O resultado do teste de Friedman (Tabela 5) indicou que houve diferença significativa entre as amostras para todos os atributos do formulário JAR, sugerindo que estes atributos possuem importância para os avaliadores na percepção global do produto. Os resultados também mostram a capacidade discriminatória destes avaliadores, que foram capazes de

constatar diferenças entre as amostras para todos estes atributos. As pontuações para cor, consistência, textura e acidez foram muito parecidas entre as amostras. Conforme esperado, as formulações 325 (IC) e 522 (IP) foram caracterizadas por sabor e aroma de fruta mais fracos e por menor doçura (Tabela 13). Note que a escala de JAR é decrescente, ou seja, um maior valor indica menor intensidade do atributo sensorial. De acordo com Jaeger et al. (2015), as questões JAR podem melhorar a discriminação dos consumidores de amostras com base em pontuações hedônicas porque este tipo de questionário aumenta o envolvimento dos consumidores. Esse fato pode explicar as diferenças encontradas entre as formulações dos atributos do JAR em relação ao sabor e aroma de fruta.

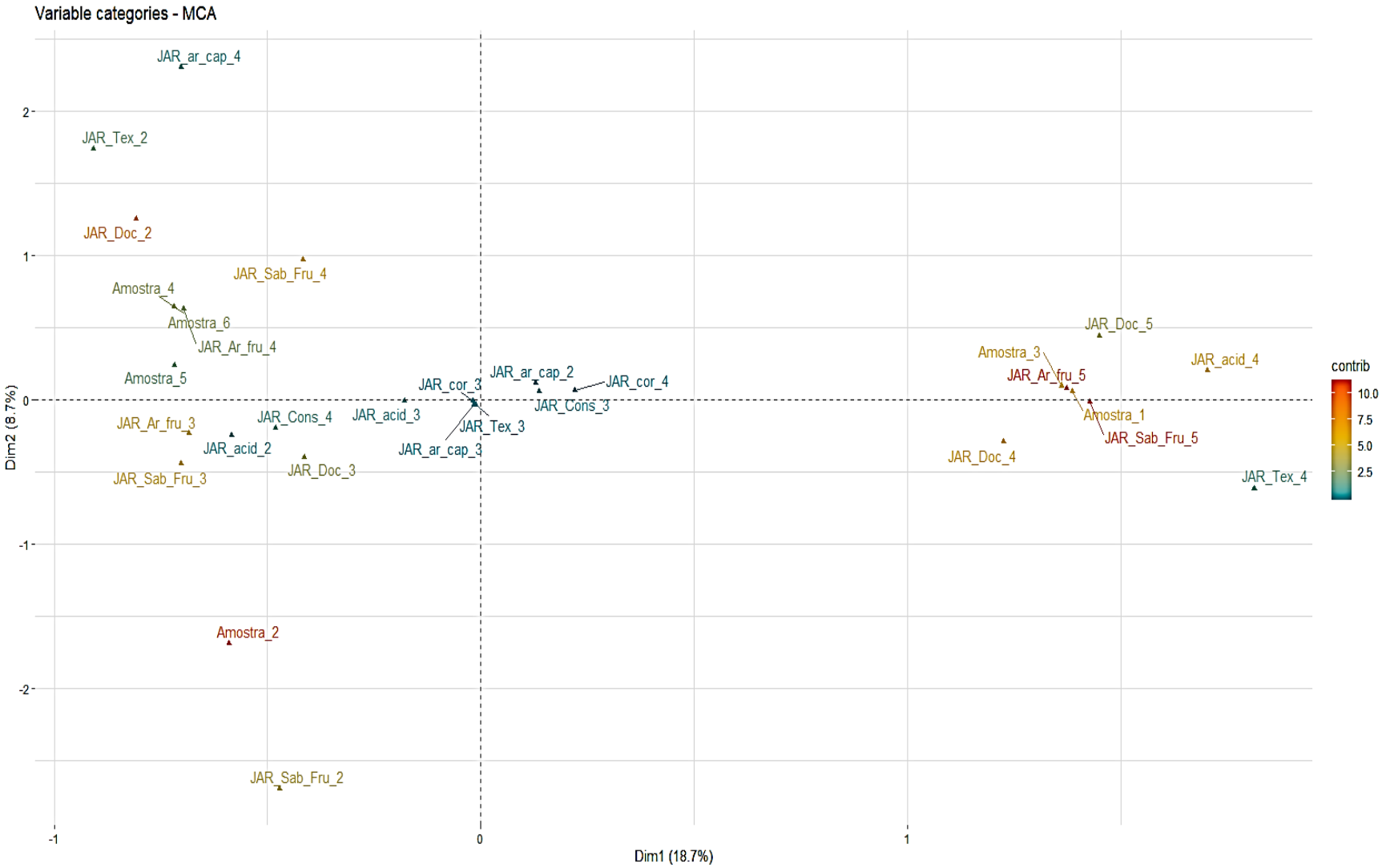
Tabela 5 – Teste Friedman segundo o formulário JAR.

	IC	IC10	IP	IC15	IP15	IP10	p-valor
	Média ± SD	**Média ± SD**	**Média ± SD**	**Média ± SD**	**Média ± SD**	**Média ± SD**	
Cor	3,1 ± 0,3	3,0 ± 0,0	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,3	0,006
Aroma caprino	2,8 ± 0,4	2,8 ± 0,4	2,9 ± 0,4	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,3	2,9 ± 0,3	0,001
Aroma de fruta	5,0 ± 0,0	3,2 ± 0,4	5,0 ± 0,0	3,3 ± 0,5	3,2 ± 0,4	3,3 ± 0,5	0,000
Consistência	3,1 ± 0,3	3,3 ± 0,5	3,1 ± 0,3	3,3 ± 0,4	3,3 ± 0,4	3,3 ± 0,4	0,000
Textura	3,1 ± 0,2	3,0 ± 0,1	3,1 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	0,000
Doçura	4,0 ± 0,7	3,2 ± 0,4	4,0 ± 0,7	2,6 ± 0,5	2,7 ± 0,5	2,6 ± 0,5	0,000
Acidez	3,3 ± 0,5	2,9 ± 0,3	3,3 ± 0,5	2,9 ± 0,2	2,9 ± 0,2	2,9 ± 0,2	0,000
Sabor de fruta	4,9 ± 0,3	2,8 ± 0,4	4,9 ± 0,4	3,5 ± 0,5	3,4 ± 0,5	3,5 ± 0,5	0,000

Teste Friedman, nível de 5% de significância.

A Figura 3 apresenta a análise de correspondência entre as amostras de iogurte caprino e seus atributos sensoriais. As amostras 2, 4, 5 e 6 (formulações IC10, IC15, IP10 e IP15) foram caracterizadas pelo aroma de leite caprino e pelo aroma de morango e acerola. Isto indica que a adição de geleia melhora a aceitação sensorial do iogurte, mas o aroma característico de leite caprino ainda é perceptível. As amostras 4, 5 e 6 (IC15, IP10 e IP15) exibiram um aroma caprino ideal, reforçando o benefício de se adicionar geleia de frutas para mascarar o aroma característico de leite de cabra. Segundo os avaliadores, as amostras 1 e 3 (IC e IP) apresentaram aroma de fruta extremamente abaixo do ideal, o que é óbvio devido à ausência de geleia.

Figura 3 – Análise de correspondência segundo o método JAR para todos os atributos versus cada amostra.



3.11.3 Testes de aceitação e intenção de compra

3.11.3.2 Iogurtes

De acordo com os resultados da Tabela 6, a aceitação sensorial foi maior para as amostras de iogurte IP10 e IP15 em termos de aparência, cor, sabor, textura e avaliação global ($p<0.05$). O melhor aroma foi observado na formulação IP15 ($p<0.05$). A formulação IC apresentou as piores avaliações, principalmente para sabor e avaliação global ($p<0.05$). Ao adicionar geleia nas formulações contendo a cepa probiótica (ou seja, ao comparar a amostra IP com as amostras IP10 e IP15), ocorreu melhora de aparência, cor, aroma, sabor e avaliação global, principalmente para maiores teores de geleia ($p<0.05$). A textura, porém, não foi alterada significativamente ($p>0.05$). Isto indica que a adição de *L. mucosae* é benéfica para todos os parâmetros avaliados, enquanto a adição de geleia melhora a aparência, o aroma e o sabor do iogurte ($p<0.05$), mas não tem impacto na cor e na textura ($p>0.05$).

Ranadheera et al. (2012) relataram que a adição de materiais à base de frutas pode levar a um maior teor de açúcar natural do iogurte de frutas, levando a uma maior aceitação pelo consumidor. Esses achados são apoiados por Şengül et al. (2012) que observou o maior escore geral de aceitabilidade para o iogurte contendo polpa de fruta com sabor azedo.

Tabela 6 – Aceitação sensorial dos iogurtes ao início e fim do período de armazenamento, de acordo com 100 provadores.

Tempo (dias)	Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Avaliação global
1	IC	7.71 ± 0.59^{b}	7.88 ± 0.50^{bc}	7.20 ± 0.85^{c}	6.56 ± 0.78^{d}	7.81 ± 0.53^{c}	6.84 ± 0.83^{d}
	IC10	7.72 ± 0.60^{b}	7.71 ± 0.62^{c}	7.73 ± 0.60^{b}	7.62 ± 0.65^{bc}	7.72 ± 0.60^{c}	7.60 ± 0.67^{c}
	IC15	7.91 ± 0.67^{b}	7.96 ± 0.62^{ab}	7.82 ± 0.58^{b}	8.08 ± 0.63^{a}	7.84 ± 0.60^{bc}	8.37 ± 0.56^{a}
	IP	7.72 ± 0.61^{b}	8.08 ± 0.60^{ab}	7.20 ± 0.70^{c}	7.51 ± 0.54^{c}	7.93 ± 0.97^{abc}	7.87 ± 0.65^{b}
	IP10	8.24 ± 0.49^{a}	7.94 ± 0.62^{abc}	7.78 ± 0.58^{b}	7.85 ± 0.54^{ab}	8.07 ± 0.67^{ab}	8.46 ± 0.50^{a}
	IP15	8.27 ± 0.55^{a}	8.12 ± 0.54^{a}	8.12 ± 0.64^{a}	8.07 ± 0.61^{a}	8.11 ± 0.60^{a}	8.52 ± 0.50^{a}
28	IC	7.69 ± 0.60^{c}	7.90 ± 0.48^{bc}	7.61 ± 0.57^{cd}	6.98 ± 0.91^{d}	7.43 ± 0.83^{b}	7.06 ± 0.34^{d}
	IC10	7.78 ± 0.66^{bc}	7.83 ± 0.74^{c}	7.96 ± 0.78^{b}	7.53 ± 0.76^{c}	7.48 ± 0.64^{b}	7.60 ± 0.67^{c}
	IC15	7.96 ± 0.71^{b}	8.09 ± 0.71^{ab}	8.04 ± 0.67^{ab}	8.48 ± 0.59^{a}	8.06 ± 0.63^{a}	8.49 ± 0.58^{a}
	IP	7.81 ± 0.53^{bc}	8.16 ± 0.51^{a}	7.50 ± 0.66^{d}	7.43 ± 0.54^{c}	8.03 ± 0.56^{a}	8.04 ± 0.45^{b}

IP10	8.35±0.54^{a}	7.94±0.62^{abc}	7.78±0.58^{bc}	8.18±0.78^{b}	8.07±0.67^{a}	8.59±0.49^{a}
IP15	8.25±0.58^{a}	8.02±0.64^{abc}	8.27±0.71^{a}	8.31±0.72^{ab}	8.22±0.66^{a}	8.66±0.48^{a}

A intenção de compra (Tabela 7) está em concordância com a análise de aceitação. No tempo zero, as formulações IP10 e IP15 receberam as maiores pontuações dentre todas as amostras, indicando que a adição de *L. mucosae* favorece as propriedades sensoriais do iogurte caprino ($p<0.05$). A adição de geleia também impactou positivamente na intenção de compra do iogurte, tanto para as formulações probióticas (IP10 e IP15) quanto para as sem adição da cepa autóctone (IC10 e IC15) ($p<0.05$). Interessantemente, a amostra IC recebeu a mesma pontuação para intenção de compra que a IP ($p>0.05$), sugerindo que existe uma sinergia entre a cepa probiótica e a geleia mista em termos de propriedades sensoriais. Os resultados verificados no tempo zero se repetiram após 28 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 7 – Intenção de compra dos iogurtes ao início e fim do período de armazenamento, de acordo com 100 provadores.

Tempo (dias)	Amostra	Intenção de compra
1	IC	3.24±0.43^{d}
	IC10	3.92±0.27^{c}
	IC15	4.13±0.37^{b}
	IP	3.38±0.58^{d}
	IP10	4.58±0.50^{a}
	IP15	4.61±0.49^{a}
28	IC	3.24±0.60^{d}
	IC10	3.92±0.27^{c}
	IC15	4.30±0.48^{b}
	IP	3.15±0.48^{d}
	IP10	4.69±0.46^{a}
	IP15	4.76±0.43^{a}

4 CONCLUSÕES

A adição da cepa probiótica na elaboração dos iogurtes em paralelo à incorporação de geleia mista de acerola e morango resultou em um produto com textura cremosa e viscosa e excelente aceitação sensorial. O aroma e o sabor típicos de leite caprino, que são geralmente rejeitados pelo consumidor, foram beneficiados significativamente tanto pela geleia quanto pelos *L. mucosae*. Portanto, este estudo deverá contibuir para a gama de produtos derivados do leite caprino, com especial benefício para os pequenos produtores de regiões rurais. As amostras

IP10 e IP15 foram as mais bem aceitas recebendo as maiores notas quando avaliadas pelos consumidores quanto a intenção de compra, aceitação global, aparência, cor, aroma, sabor. Podendo inferir-se que a adição da geleia mista e da cultura autóctone afetaram positivamente a caracterização sensorial do iogurte.

REFERÊNCIAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 5ª ed., cap. 7, p. 63-67, 2015.

ARES, G.; BRUZZONE, F.; GIMÉNEZ, A. Is a consumer panel able to reliably evaluate the texture of dairy desserts using unstructured intensity scales? Evaluation of global and individual performance. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, p. 363-370, 2011.

ARES, G.; ETCHEMENDY, R.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; GIMÉNEZ, A.; JAEGER, S. Visual attention by consumers to check-all-that-apply questions: Insights to support methodological development. **Food Quality and Preference**, v. 32, p. 210-220, 2014.

BONANY, J. BUEHLER, A. CARBÓ, J. CODARIN, S. DONATI, F. ECHEVERRIA, G. et al. Consumer eating quality acceptance of new apple varieties in different European countries. **Food Quality and Preference,** v.30, n.2, p. 250-259, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) de Leites Fermentados.** Instrução Normativa N.º 46, de 23 de outubro de 2007.

BRUZZONE, F.; VIDAL, L.; ANTÚNEZ, L.; GIMÉNEZ, A.; DELISA, R.; ARES, G. Comparison of intensity scales and CATA questions in new product development: Sensory characterisation and directions for product reformulation of milk desserts. **Food Quality and preference**, v. 1, n. 44, p. 183-193, 2015.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 4ª. ed. Atual Editora: São Paulo, 1987.

CADENA, R. S., CAIMI, D. JAUNARENA, I. LORENZO, I. VIDAL, L. ARES, G. et al. Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. **Food Research International**, v.64, p. 446-455, 2014.

COSTA, M.P. MONTEIRO, M.L.G. FRASAO, B.S. SILVA,V.L.M. RODRIGUES, B.L. CHIAPPINI, C.C.J. et al. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts **Journal of Dairy Science,** v.100, n.1, p. 157-168, 2017.

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

CLARK, S. MICHAEL, M. SCHMIDT K.A. Rheological properties of yogurt: Effects of ingredients, processing and handling. **Food engineering series,** Springer, 2019.

CRUZ, A. G. CADENA, R. S. CASTRO, W. F. ESMERINO, E. A RODRIGUES, J. B. GAZE, L. et al. Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. **Food Research International,** v.54, n.1, p. 601-610, 2013.

DA CRUZ, R. G.; BENEY, L.; GERVAIS, P.; DE LIRA, S. P.; VIEIRA, T. M. F. S.; DUPONT, S. Comparison of the antioxidant property of acerola extracts with synthetic antioxidants using an *in vivo* method with yeasts. **Food Chemistry**, v. 277, p. 698-705, 2019.

DE MORAES, G. M. D.; DE ABREU, L.; DO EGITO, A. S.; SALLES, H. O.; DA SILVA, M. F.; NERO, L. A.; TODOROV, S. D.; DOS SANTOS, K. M. O. Functional properties of *Lactobacillus mucosae* strains isolated from Brazilian goat milk. **Probiotics and Antimicrobial Proteins,** v. 9, n. 3, p. 235-245, 2017.

DE MORAES, G. M. D.; DOS SANTOS, K. M. O.; DE BARCELOS, S. C.; LOPES, S. A.; DO EGITO, A. S. Potentially probiotic goat cheese produced with autochthonous adjunct

culture of *Lactobacillus mucosae*: Microbiological, physicochemical and sensory attributes. **LWT – Food Science and Technology**, v. 94, p. 57-63, 2018.

DOOLEY, L. LEE, Y. MEULLENET J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v.21, n.4, p. 394-401, 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** 3ª Ed. Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

ETZOLD, S.; KOBER, O. I.; MACKENZIE, D. A.; TAILFORD, L. E.; GUNNING, A. P.; WALSHAW, J.; HEMMINGS, A. M.; JUGE, N. Structural basis for adaptation of *lactobacilli* to gastrointestinal mucus. **Environmental Microbiology**, v. 16, p. 888-903, 2014.

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

FARKYE N.; SMITH K.; SCHÖNROCK, F. T. **An overview of changes in the characteristics, functionality and nutritional value of skim milk powder (SMP) during storage**. Wisconsin, USA: U.S. Dairy Export Council, 2001. Disponível em: http://usdec.files.cms-plus.com/PDFs/FoodAid/SMPStorageFactSheet.pdf.

FOUGÈRE, H.; DELAVAUD, C.; BERNARD, L. Diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil differentially modulate milk fat secretion and composition in cows and goats: A comparative study. **Journal of Dairy Sciences**, v. 101, p. 8429-8445, 2018.

GOMES, J. J. L.; DUARTE, A. M.; BATISTA, A. S. M.; DE FIGUIRDO, R. M. F.; DE SOUSA, E. P.; DE SOUZA, E. L.; QUEIROGA, R. C. R. E. 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**, v. 54, n. 1, p. 18-24, 2013.

GREENACRE, M. J. **Correspondence analysis in practice**. 2 ed. Chapman & Hall/CRC, 2007.

JAEGER, S. R., HUNTER, D. C., KAM, K., BERESFORD, M. K., JIN, D., PAISLEY, A. G., CHHEANG, S. L., ROIGARD, C. M., ARES, G. The concurrent use of JAR and CATA questions in hedonic scaling is unlikely to cause hedonic bias, but may increase product discrimination. **Food Quality and Preference,** v.44, p. 70-74, 2015.

LIU, M.; LI, X. Q.; WEBER, C.; LEE, C. Y.; BROWN, J.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2926-2930, 2002.

LONDON L. E. E.; CHAURIN, V.; AUTY, M. A. E.; FENELON, M. A.; FITZGERALD, G. F.; ROSS, P. R.; STANTON, C. Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. **International Dairy Journal,** v. 40, p. 33-38, 2015.

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

MACFIE, H. J.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. Designs to balance the effect of order of presentation and first order carry-over effects in hall tests. J**ournal of Sensory Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.

MORDOR-INTELLIGENCE **Yogurt market - growth, trends and forecasts** (2019) 2019 - 2024). Retrieved 18 August 2021, from https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/yogurt-market

NASCIMENTO, R. Q.; TAVARES, P. P. L.; MEIRELES, G. S.; DOS ANJOS, E. A.; DE ANDRADE, R. B.; MACHADO, B. A. S. *et al.* Study on the sensory acceptance and check all that apply of mixed juices in distinct brazilian regions. **Food Science and Technology**, v.40, p. 708-717, 2020.

NDABIKUNZE, B.K., MUMBA, F.G., NGOWI, H., CHOVE, L., MONGI, R., ABDULSUD I. Development and sensory evaluation of yoghurt flavoured with solar dried fruits **Journal of Agricultural Science and Food Technology,** v.3, pp. 125-131, 2017.

RANADHEERA, C. S.; EVANS, C. A.; ADAMS, M. C.; BAINES, S. K. Probiotic viability and physic-chemical and sensory properties of plain and stirred fruit yoghurts made from goat's milk. **Food Chemistry**, v.135, 1411-1418, 2012.

STONE, H.; BLEIBAUM, R.N.; THOMAS, H.A. **Sensory evaluation practices**. 4. ed. San Diego: Academic Press, 2012. 438 p.

TORRICO, D. D.; TAM, J.; FUENTES, S.; GONZALEZ, V. C.; DUNSHEA, F. R. Consumer rejection threshold, acceptability rates, physicochemical properties, and shelf-life of strawberry-flavored yogurts with reductions of sugar. **Journal of Science Food and Agriculture**. v.100, n.7, p.3024-3035, 2020.

VERRUCK, S.; DANTAS, A.; PRUDENCIO, E. S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and it simplications on human health. **Journal of Functional Foods**, v. 52, n. 1, p. 243-257, 2019.

VYHMEISTER, S.; GELDSETZER-MENDOZA, C.; MEDEL-MARABOLÍ, M.; FELLENBERG, A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; IBÁÑEZ, R. A. Influence of using different proportions of cow and goat milk on the chemical, textural and sensory properties of Chanco–style cheese with equal composition. **LWT – Food Science and Technology**, v. 112, p. 108226, 2019.

WAN, Z. KHUBBER S., DWIVEDI, M. MISRA N.N. **Strategies for lowering the added sugar in yogurts**. Food Chemistry. Elsevier.

APÊNDICES

APÊNDICE A1 - DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS DOS CONSUMIDORES

		n	%
Sexo	Masculino	27	27,0%
	Feminino	73	73,0%
Escolaridade	Fundamental Incompleto	0	0,0%
	Fundamental Completo	0	0,0%
	Ensino Médio Incompleto	0	0,0%
	Ensino Médio Completo	16	16,0%
	Ensino Superior Incompleto	75	75,0%
	Ensino Superior Completo	9	9,0%
	Pós-graduação Incompleta	0	0,0%
	Pós-graduação completa	0	0,0%
Estado Civil	Solteiro(a)	79	79,0%
	Casado(a)	21	21,0%
	Viúvo(a)	0	0,0%
	Divorciado(a)	0	0,0%
	Outro(a)	0	0,0%
Moradores na residência	1 pessoa	43	43,0%
	2 a 4 pessoas	56	56,0%
	5 a 8 pessoas	1	1,0%
	Mais de 8 pessoas	0	0,0%
Renda *per capita*	Menos de 1 salário mínimo	78	78,0%

	Até 1 salário mínimo (R$ 954,00)	21	21,0%
	de 1 a 3 salários mínimos	1	1,0%
	de 4 a 6 salários mínimos	0	0,0%
	mais de 7 salários mínimos	0	0,0%

APÊNDICE A2 - PREFERÊNCIAS PESSOAIS DOS CONSUMIDORES EM RELAÇÃO AO LEITE CAPRINO

		N	%
Conhece_Leite_caprino	Não	16	16,0%
	Sim	84	84,0%
Consome_Leite_caprino	Não	38	38,0%
	Sim	62	62,0%
Forma_consumo	Queijo	13	21,0%
	Coalhada	0	0,0%
	Iogurte	21	33,9%
	Requeijão	0	0,0%
	Leite Fermentado	28	45,2%
Freq_consumo	Menos de 1 vez por mês	58	93,5%
	Uma vez por mês	4	6,5%
	A cada 15 dias	0	0,0%
	Uma vez por semana	0	0,0%
	Duas ou mais vezes na semana	0	0,0%
	Todos os dias	0	0,0%
Fatores_compra	Sabor	55	55,0%
	Valores nutricionais	40	40,0%
	Preço	5	5,0%
	Aroma	0	0,0%
	Sabor	0	0,0%
Fatores_limitam_consumo	Preço	0	0,0%
	Aroma	5	5,0%
	Sabor	42	42,0%
	Quantidade	0	0,0%
	Falta de conhecimento	53	53,0%
	Falta de confiança na Qualidade	0	0,0%

APÊNDICE A3 - AVALIAÇÃO DE CADA ATRIBUTO POR AMOSTRA E RESULTADO DO TESTE DE COCHRAN PARA O QUESTIONÁRIO CATA

	AMOSTRA						p-valor
	325	**485**	**522**	**687**	**874**	**982**	
Coloração Opaca	0	0	20	0	0	0	0,000
Coloração Brilhante	100	100	81	100	100	100	0,000
Coloração Branca	100	0	100	0	0	0	0,000
Coloração Rosa	0	18	0	100	80	100	0,000
Coloração rosa fraca	0	82	0	0	21	100	0,000
Coloração rosa intensa	0	0	0	0	0	0	-
Coloração homogêneo	100	100	100	100	100	100	-
Aroma leite caprino	56	100	0	100	100	100	0,000
Aroma leite caprino intenso	44	0	100	0	0	0	0,000
Aroma morango acerola	0	82	0	100	87	75	0,000
Aroma ausência fruta	100	0	100	0	0	0	0,000
Aroma agradável	80	96	100	100	79	100	0,000
Aroma desagradável	20	0	0	0	15	0	0,000
Aroma ácido	17	17	0	0	6	0	0,000
Textura adequada	100	100	100	100	100	100	-
Textura macia	100	99	100	100	100	100	0,416
Textura granulada	0	0	0	0	0	0	-
Textura presença partículas	0	0	0	0	0	0	-
Textura ausência partículas	100	100	100	100	100	100	-
Textura viscoso	91	100	3	100	57	82	0,000
Textura cremoso	91	100	97	100	95	100	0,000
Sabor desagradável	0	0	0	0	14	0	0,000
Sabor Doce	4	80	0	75	11	29	0,000
Sabor acidez típica	100	18	87	0	24	100	0,000
Sabor pouco doce	96	0	17	100	66	48	0,000
Sabor ácido	13	8	13	25	0	0	0,000
Sabor leitec	0	100	100	100	89	100	0,000
Sabor leitec intenso	100	0	0	0	11	0	0,000
Sabor fruta intenso	0	0	0	0	0	0	-
Sabor fruta suave	0	100	0	100	91	100	0,000
Sabor Iogurte	100	100	100	100	96	100	0,001

Teste Q de Cochran, nível de 5% de significância.

Códigos das amostras: 325 = IC, 522 = IP, 485 = IC, 687 = IC15, 687 = IC15, 982 = IP10 e 874 = IP15.

APÊNDICE A4 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO OPACA POR AMOSTRA

		Coloração Opaca		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	100_a	0_b	100	0,0001
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC10	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP	N	80_a	20_b	100	
	%	80,0%	20,0%	100,0%	
IC15	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP15	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP10	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A5 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO BRILHANTE POR AMOSTRA

		Coloração Brilhante		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	0_a	100_b	100	0,0001
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC10	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP	N	19_a	81_b	100	
	%	19,0%	81,0%	100,0%	
IC15	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP10	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A6 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO BRANCA POR AMOSTRA

		Coloração Branca		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	0_a	100_b	100	0,0001
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC10	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC15	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP15	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP10	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A7 – PERCEPÇÃO DE COLORAÇÃO ROSA POR AMOSTRA

		Coloração Rosa		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	100_a	0_b	100	0,0001
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC10	N	82_a	18_b	100	
	%	82,0%	18,0%	100,0%	
IP	N	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	N	20_a	80_b	100	
	%	20,0%	80,0%	100,0%	
IP10	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A8 – PERCEPÇÃO DO AROMA DE LEITE CAPRINO, POR AMOSTRA

		Aroma de leite caprino		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	44_a	56_b	100	0,0001
	%	44,0%	56,0%	100,0%	
IC10	n	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	n	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	n	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP10	n	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A9 – PERCEPÇÃO DO AROMA DE MORANGO E ACEROLA, POR AMOSTRA

		Aroma de morango e acerola		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	100_a	0_b	100	0,0001
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC10	n	18_a	82_b	100	
	%	18,0%	82,0%	100,0%	
IP	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	n	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	n	13_a	87_b	100	
	%	13,0%	87,0%	100,0%	
IP10	n	25_a	75_b	100	
	%	25,0%	75,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A10 – PERCEPÇÃO DE AROMA DESAGRADÁVEL, POR AMOSTRA

		Desagradável		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	80_a	20_b	100	0,0001
	%	80,0%	20,0%	100,0%	
IC10	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP15	n	85_a	15_b	100	
	%	85,0%	15,0%	100,0%	
IP10	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A11 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA MACIA, POR AMOSTRA

		Textura macia		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	0_a	100_a	100	0,415
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC10	N	1_a	99_b	100	
	%	1,0%	99,0%	100,0%	
IP	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC15	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP10	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A12 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA VISCOSA, POR AMOSTRA

		Textura viscosa		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	9_a	91_b	100	0,0001
	%	9,0%	91,0%	100,0%	
IC10	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP	N	97_a	3_b	100	
	%	97,0%	3,0%	100,0%	
IC15	N	0_a	100_b	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	N	43_a	57_b	100	
	%	43,0%	57,0%	100,0%	
IP10	N	18_a	82_b	100	
	%	18,0%	82,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A13 – PERCEPÇÃO DE TEXTURA CREMOSA, POR AMOSTRA

		Textura cremosa		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	N	9_a	91_b	100	0,0001
	%	9,0%	91,0%	100,0%	
IC10	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP	N	3_a	97_a	100	
	%	3,0%	97,0%	100,0%	
IC15	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IP15	N	5_a	95_a	100	
	%	5,0%	95,0%	100,0%	
IP10	N	0_a	100_a	100	
	%	0,0%	100,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A14 – PERCEPÇÃO DE SABOR DESAGRADÁVEL, POR AMOSTRA

		Sabor desagradável		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	100$_a$	0$_a$	100	0,0001
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC10	n	100$_a$	0$_a$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP	n	100$_a$	0$_a$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	n	100$_a$	0$_a$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP15	n	86$_a$	14$_b$	100	
	%	86,0%	14,0%	100,0%	
IP10	n	100$_a$	0$_a$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A15 – PERCEPÇÃO DE SABOR ÁCIDO, POR AMOSTRA

		Sabor ácido		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	87$_a$	13$_a$	100	0,0001
	%	87,0%	13,0%	100,0%	
IC10	n	92$_a$	8$_a$	100	
	%	92,0%	8,0%	100,0%	
IP	n	87$_a$	13$_a$	100	
	%	87,0%	13,0%	100,0%	
IC15	n	75$_a$	25$_b$	100	
	%	75,0%	25,0%	100,0%	
IP15	n	100$_a$	0$_b$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP10	n	100$_a$	0$_b$	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE A16 – PERCEPÇÃO DE SABOR DE LEITE INTENSO, POR AMOSTRA

		Sabor de leite intenso		Total	p-valor
		Não	Sim		
IC	n	0_a	100_b	100	0,0001
	%	0,0%	100,0%	100,0%	
IC10	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IC15	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	
IP15	n	89_a	11_b	100	
	%	89,0%	11,0%	100,0%	
IP10	n	100_a	0_b	100	
	%	100,0%	0,0%	100,0%	

Teste Qui-quadrado de independência, nível de 5% de significância.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a):

Esta pesquisa trata do IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO POTENCIALMENTE PROBIÓTICO PRODUZIDO COM CULTURA ADJUNTA AUTÓCTONE *Lactobacillus mucosae* CNP007 ADICIONADO DE GELEIA MISTA DE ACEROLA *Malpighia emarginata* E MORANGO *Fragaria vesca* e está sendo desenvolvida pela pesquisadora **Jéssica Lima de Morais** , aluna da Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PPGCTA, da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação da Drª. Maria Elieidy Gomes de Oliveira e está norteado pela Resolução n° 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Os objetivos do estudo são elaborar e caracterizar os aspectos tecnológicos e de qualidade, bem como o potencial funcional de iogurte caprino tipo grego potencialmente probiótico produzido com cultura adjunta autóctone *lactobacillus mucosae* CNP007 adicionado de diferentes concentrações de geleia mista de acerola e morango.

Solicitamos a sua colaboração para responder a entrevista e se apto, participar da prova de uma porção de produto alimentar à base de iogurte caprino com potencial probiótico, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde. Há pouca probabilidade de algum incidente desfavorável ocorrer durante a realização desta pesquisa, visto que a produção do iogurte segue um protocolo de Boas Práticas de Fabricação, com o intuito de diminuir a presença de microrganismos patogênicos ou deteriorantes que possam trazer algum dano a pessoa que o consuma. Além disso, serão realizadas análises microbiológicas que atestam a sanidade do produto.

Os probióticos são microrganismos vivos que ao serem ingeridos beneficiam o organismo porque atuam sobre o equilíbrio bacteriano intestinal, controlando o colesterol, os quadros de diarreias, além de ajudar a reduzir o risco de câncer. Por se tratar de um produto elaborado com a utilização de cepas probióticas, os provadores podem perceber uma leve melhora no fluxo gastrointestinal, se o mesmo for constipado. Durante o decorrer da entrevista e da prova de uma porção de produto alimentar à base de iogurte caprino probiótico, caso o(a)

senhor(a) se sentir constrangido a responder determinada pergunta ou não quiser proceder com o teste sensorial, é possível não responder ou deixar o local sem qualquer prejuízo.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador(a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na instituição. Os pesquisadores estarão à 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. Estou ciente que receberei uma via desse documento.

_____

Assinatura do Participante da Pesquisa

Contato com o Pesquisador (a) Responsável

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, fazer contato com a pesquisadora:

Jéssica Lima de Morais
Departamento de Nutrição, do Centro de Ciências da Saúde (CCS) - Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Campus I - Cidade Universitária - CEP 58051-900 – João Pessoa/PB ☎ (83) 3216-7826

Atenciosamente,

_____

Jéssica Lima de Morais
Assinatura do Pesquisador Responsável

_____

Drª. Maria Elieidy Gomes de Oliveira
Assinatura do Pesquisadora Orientador

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO

1.Nome:_____.

2. Idade:_____.

3. Sexo: □feminino □Masculino

4. Qual a sua escolaridade?

□ 1° a 4° Série ( ) Incompleto ( ) Completo

□ 1° a 8° Série ( ) Incompleto ( ) Completo

□ Ensino médio ( ) Incompleto ( ) Completo

□ Ensino superior ( ) Incompleto ( ) Completo

□ Pós-graduação ( ) Incompleto ( ) Completo

5. Qual seu estado civil?

□ Solteiro

□ Casado

□ Viúvo

□ Divorciado

□ Outro.

6. Qual o número de moradores em sua residência?

□ 1pessoa

□ 2 a 4pessoas

□ 5 a 8pessoas

□ Mais de 8pessoas

7. Qual a sua renda familiar per capita (por pessoa)?

□ Menos de 1 salário mínimo

□ Até 1 salário mínimo (R$ 954,00)

□ de 1 a 3 salários mínimos

□ de 4 a 6 salários mínimos

□ mais de 7 salários mínimos

8. Você conhece o leite caprino?

□ Sim □Não

9. Você consome leite caprino?

□ Sim □Não

Se sua resposta para a questão 9 foi sim, responda as questões de 10 a 13. Se sua resposta for não, vá direto para a questão 13.

10. Você consome leite caprino na (s) forma (s)de:

□ queijo

□ coalhada

□ Iogurte

□ requeijão

□ Leite fermentado

11. Com que frequência você costuma consumir leite caprino?

□ Todos os dias

□ Uma vez por semana

□ Duas ou mais vezes na semana

□ A cada quinze dias

□ Uma vez por mês

□ Menos de 1 vez por mês

12. Em sua opinião qual (is) fator (es) determinam a compra do leite caprino e ou seus derivados?

□ Sabor

□ Valores nutricionais

□ Preço

□ Aroma

□ Sabor

□ Outros, quais:_____ .

13. Em sua opinião qual (is) fator (es) limitam o consumo do leite caprino e seus derivados?

□ Preço

□ Aroma

□ Sabor

□ Quantidade

□ Falta de conhecimento

□ Falta de confiança na qualidade do produto

□ Outros, quais:_____ .

APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL – TESTES DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA

Universidade Federal da Paraíba, *Campus 1,* João Pessoa

Testes de Aceitação e Intenção de compra

Idade:_____Sexo:_____Escolaridade:_____Data: _____

Você está recebendo 06 amostras codificadas de iogurte caprino tipo grego adicionado de diferentes concentrações de geleia mista de morango e acerola. Prove-as da esquerda para direita e escreva o valor da escala que você considera correspondente à amostra (código). Antes de cada avaliação, você deverá fazer uso da água.

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					
Aroma					
Sabor					
Consistência					
Avaliação Global					

Agora indique sua atitude ao encontrar estes iogurtes 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						

Comentários:_____

APÊNDICE E – ESCALA JAR

Por favor, prove a amostra **XX** de iogurte caprino grego com geleia mista de morango e acerola e indique a sua opinião na escala abaixo.

Em relação à 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 de morango e acerola:

( ) Extremamente mais forte que o ideal	( ) Um pouco mais forte que o ideal	( ) Ideal
( ) Um pouco menos forte que o ideal	( ) Extremamente menos forte que o ideal	

Em relação à consistência:

( ) Extremamente mais viscoso que o ideal	( ) Um pouco mais viscoso que o ideal	( ) Ideal
( ) Um pouco menos viscoso que o ideal	( ) Extremamente menos viscoso que o ideal	

Em relação à textura:

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

Em relação à doçura:

( ) Extremamente mais doce que o ideal	( ) Um pouco mais doce que o ideal	( ) Ideal
( ) Um pouco menos doce que o ideal	( ) Extremamente menos doce que o ideal	

Em relação à 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 de acerola e morango:

( ) 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 F – *CHECK ALL THAT APPLY* (CATA)

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

Idade:_____ Escolaridade:_____ Data:_____

Amostra: **XX**

Você está recebendo uma amostra de **iogurte**. Por favor, *prove* a amostra e marque todas as palavras/frases que você considera adequada para descrever esse iogurte iniciando pela coluna da esquerda:

Coloração opaca ( )	Cremoso ( )
Coloração brilhante ( )	Sabor residual desagradável ( )
Cor branca ( )	Acidez típica ( )
Cor rosa ( )	Pouco doce ( )
Cor rosa fraca ( )	Doce ( )
Cor rosa intensa ( )	Ácido ( )
Homogêneo ( )	Sabor de leite caprino ( )
Aroma de leite caprino ( )	Sabor de leite caprino intenso ( )
Aroma de leite caprino intenso ( )	Sabor de morango e acerola intenso ( )
Aroma de morango e acerola ( )	Sabot de morango e acerola suave ( )
Ausência de aroma típico do morango e acerola ( )	Sabor característico de iogurte ( )
Aroma agradável ( )	
Aroma desagradável ( )	
Aroma ácido ( )	
Textura adequada ( )	
Textura macia ( )	
Textura grumosa/granulada ( )	
Presença de partículas ( )	
Ausência de partículas ( )	
Viscoso ( )	

ANEXOS

ANEXO A – COMPROVANTE DE DEPÓSITO DA PATENTE

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

08/08/2019 870190076553 15:29

29409161908386940

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

Número do Processo: BR 10 2019 016456 5

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

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): IOGURTE CAPRINO TIPO GREGO PROBIÓTICO COM CULTURA ADJUNTA AUTÓCTONE E GELEIA MISTA DE ACEROLA E MORANGO, PROCESSO E PRODUTO

Resumo: A presente invenção se refere a um iogurte caprino tipo grego adicionado de geleia mista de morango e acerola e com potencial probiótico por fazer uso de cepa autóctone que possui alta capacidade de aderência ao muco gastrointestinal. O aludido iogurte caprino apresenta características como textura uniforme e sabor macio e levemente adocicado, em forma de creme. Sua consistência é moderadamente grossa e viscosa, diferindo-o dos iogurtes tradicionais. O processo de produção é de baixo custo, porém de alto rendimento em relação ao de outros processos de derivados lácteos.

Figura a publicar: 1

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 9

Nome: JÉSSICA LIMA DE MORAIS

CPF: 09693034406

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Doutorando

Endereço: Rua Getúlio Vargas, 191

Cidade: Cacimba de Dentro

Estado: PB

CEP: 58230-000

País: BRASIL

Telefone: (83) 998 217100

Fax:

Email: jessicamorais-pb@hotmail.com

Inventor 2 de 9

Nome: MARIA ELIEIDY GOMES DE OLIVEIRA

CPF: 01187544400

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Nutrição, Campus I

Cidade: João Pessoa

Estado: PB

CEP: 58051-900

País: BRASIL

Telefone: (83) 321 67826

Fax:

Email: elieidynutri@yahoo.com.br

ANEXO B - COMPROVANTE COMITÊ DE ÉTICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

PROJETO DE PESQUISA

Título: Produção de derivados lácteos: tecnologias e agregação de valor a produtos da caprinocultura leiteira

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 02226912.0.0000.5188

Pesquisador: Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga

Instituição: Universidade Federal da Paraíba

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 111.523

Data da Relatoria: 25/09/2012

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa tem por objetivo desenvolver e adaptar tecnologias de produtos lácteos caprinos (queijos, iorgute, bebibdas lácteas), como também, aproveitar resíduos de indústrias de laticínios e frutos da biodiversidade regional, visando o aumento da produção e agregação de valor, para que contribuam na sustentabilidade da agricultura familiar da região Semiárida, procurando-se atender aos requisitos de segurança alimentar. Serão elaborados produtos lácteos com qualidade satisfatória os quais serão submetidos a testes sensoriais. Os procedimentos realizados na pesquisa serão explicados aos indivíduos e, em seguida, caso aceitem participar da mesma, assinarão o termo de consentimento livre e esclarecido. Serão convidados e selecionados a formar o grupo de provadores estudantes e servidores da Instituição maiores de 18 anos. As análises sensoriais serão realizadas no Laboratório de Técnica Dietética DN/CCS/UFPB e para a realização das mesmas serão aplicados Testes de Aceitação (100 provadores) e de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (12 provadores) de acordo com metodologia descrita por Faria & Yotsuyanagi (2002). Para participação do painel sensorial serão recrutados voluntários entre estudantes, funcionários e professores da UFPB Os dados obtidos serão tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA). As diferenças entre os grupos estudados serão analisados utilizando o teste de média Tukey para comparação de médias ao nível de 5% de significância. Com relação à análise sensorial, os dados serão tabulados em gráfico de planilha eletrônica EXCEL, sendo os valores médios de cada atributo sensorial comparado através de teste de Friedman. Para a comparação entre os tratamentos será realizada a análise de variância (ANOVA) dos provadores e comparação ao teste de Tukey com nível de 5 % de significância.

Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver e adaptar tecnologias de produtos lácteos caprinos, como também, aproveitar resíduos de indústrias de laticínios e frutos da biodiversidade regional, visando o aumento da produção e agregação de valor, para que contribuam na sustentabilidade da agricultura familiar da região Semiárida, procurando-se atender aos requisitos de segurança alimentar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos previsíveis, e o pesquisador relata que os benefícios gerados com a pesquisa são para a área de conhecimento, mas não ao participante diretamente. Também pode contribuir para a expansão da agroindústria especializada nestes produtos, pela valorização da caprinocultura leiteira brasileira e contribuição para o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro.

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:** eticaccs@ccs.ufpb.br; elianemduarte@hotmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante na sua área do conhecimento e atende a todas a considerações éticas da resolução 196/96.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram apresentados.
Todas as recomendações solicitadas no parecer da versão 01 foram acatadas pelo pesquisador e realizadas.

Recomendações:

Como todas as recomendações solicitadas no parecer da versão 02 foram acatadas pelo pesquisador, não temos mais recomendações a fazer.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Conforme acima relatado, salvo melhor juízo, somos de parecer que este Projeto deve ser considerado APROVADO.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

JOAO PESSOA, 01 de Outubro de 2012

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa

(Coordenador)