



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE BÚFALA COM POTENCIAL
SIMBIÓTICO SABOR MANGA (*Tommy atkins*)**
**DEVELOPMENT OF BUFFALO YOGHURT WITH SYMBIOTIC POTENTIAL
MANGO FLAVOR (*Tommy atkins*)**

RIKELYNE GONÇALVES SILVA

**RECIFE, PE
2024**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

RIKELYNE GONÇALVES SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE BÚFALA COM POTENCIAL
SIMBIÓTICO SABOR MANGA (*Tommy atkins*)
DEVELOPMENT OF BUFFALO YOGHURT WITH SYMBIOTIC POTENTIAL
MANGO FLAVOR (*Tommy atkins*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial na obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Neide Kazue Sakugawa Shinohara

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Neila Mello dos Santos Barbosa

RECIFE, PE

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE DE BÚFALA COM POTENCIAL SIMBIÓTICO
SABOR MANGA (*Tommy atkins*)
DEVELOPMENT OF BUFFALO YOGHURT WITH SYMBIOTIC POTENTIAL
MANGO FLAVOR (*Tommy atkins*)

Por Rikelyne Gonçalves Silva

Esta dissertação foi defendida para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em __/__/__ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Neide Kazue Sakugawa Shinohara– Presidente
PPGCTA/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade – Membro Interno
PPGCTA/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Mércia Aurélia Gonçalves Leite – Membro Externo
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho ao meu pai que mesmo cansado, sempre esteve por perto me ajudando não só em palavras, mas com atitudes para que eu pudesse concluir esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar comigo me ajudando, dando forças e capacitando. Sem Ele nada disso poderia ter acontecido.

A minha família, que mesmo quando eu achava que não podia ou não conseguia, sempre esteve ao meu lado me incentivando e orando por mim. Agradeço principalmente ao meu pai, que mesmo após um dia cansativo de trabalho, foi meu suporte em toda essa trajetória, colocando de fato a mão na massa para que pudessemos alcançar esses resultados. Obrigada por tudo!

As minhas colegas de turma, que sempre estavam dispostas a compartilhar o que sabiam e ajudar a crescermos juntas. Aos meus amigos do trabalho que sempre estavam vibrando e acreditando que daria certo, em especial as caronas de Tati e Guga, para que eu chegasse salva na federal. Obrigada!

A minha orientadora Neide Shinohara, que sempre foi paciente e disponível, aceitando minhas invenções e acreditando que podia dar certo, até quando eu não acreditava. Obrigada por todo o apoio, ajuda e ensinamentos nessa trajetória.

A minha coorientadora Neila Barbosa, que me pegou para criar desde a graduação e dizia que eu seria igual a ela, mas eu dizia que ia ser exclusiva da indústria e estou agora buscando meu título de mestre. Como eu tenho aprendido com você e quem me dera ser um pouquinho do que você é, que esta a todo tempo se desafiando, inquieta e tem dados muitos saltos, mas não quer estar sozinha e sempre leva com ela pessoas interessadas em fazer o melhor. Obrigada por todo aprendizado, por sempre acreditar em mim e me carregar junto.

Agradeço a todo o time dos laboratórios de origem animal da UFPE pela parceria de sempre, sem vocês, essa pesquisa também não seria possível de concluir. Agradeço em especial a Marcinha, Carlinha, professora Jenyffer Guerra e a professora Mércia Leite por me abraçarem, abrirem as portas e serem meus braços quando eu não podia. Obrigada, vocês foram fundamentais.

A UFRPE que abriu as portas por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PGCTA), fornecendo ferramentas necessárias para que eu pudesse buscar uma carreira acadêmica.

A Capes, que por um período foi meu apoio financeiro por meio da bolsa de estudos.

Agradeço a todos, pois não conseguimos fazer nada só e esta pesquisa só esta sendo concluída porque teve um pouco de cada um de vocês, muito obrigada!

RESUMO

Com o aumento da produção de leite bubalino no Brasil, cresce o interesse na sua composição que é superior ao leite bovino, quanto aos parâmetros nutricional e tecnológico. O leite de búfala apresenta melhor relação cálcio/fósforo, maior concentração de proteínas, além de ser mais resistentes ao emprego do calor, quando comparados ao leite bovino. Todos esses parâmetros podem impactar positivamente na produção do iogurte bubalino, melhorando aspectos nutricionais, sensoriais e microbiológicos. O objetivo foi desenvolver a formulação do iogurte de búfala com potencial simbiótico, comparando o impacto da presença e ausência de farinhas da batata yacon com a farinha da casca da manga, nas características físico-químicas e microbiológicas. Foi aplicado a microbiologia preditiva primária para o monitoramento das bactérias ácido lácticas (BAL), desde a fermentação até o *shelf life* do produto (42 dias). Foi utilizado o probiótico *Lactobacillus acidophilus* (LAFIT10®) e como prebiótico, para comparação, com os seguintes tratamentos: I1 – sem adição de prebiótico, I2 – 2% de farinha da casca da manga e I3 - 2% da farinhas da casca da manga (*tommy atkins*) misturando com 5% da farinha da batata yacon (*samallanthus sonchifolius*). A pesquisa ainda visou, o aproveitamento da casca da manga *tommy atkins* utilizada na saborização, como também a polpa e casca da batata yacon, abrindo perspectiva do reaproveitamento de resíduos industriais e agregando fibras dietéticas com potencial nutracêutico no desenvolvimento de produtos funcionais. Os ensaios físico-químicos seguiram as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz e os padrões da Instrução Normativa nº46 de 2007. Foram realizados os ensaios microbiológicos seguindo a Resolução RDC nº724/2022. No tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o software Statistic versão 8.0 e na aplicação da microbiologia preditiva, o programa ComBase®. Os iogurtes de leite de búfala, I1 e I3, foram caracterizados como integral e I2 considerado com creme. As formulações apresentaram potencial probiótico, mantendo a concentração na ordem de 10^8 UFC/g, durante 42 dias de “shelf life”. O I3 foi considerado com potencial simbiótico pois além do probiótico, houve a adição do mix de farinhas. Foi possível obter o melhor ajuste dos dados experimentais ao modelo de Baranyi e Roberts e um menor desvio desses resultados teóricos para a formulação I1 com $R^2= 0,721$ e um $RMSE=0,298$.

PALAVRAS-CHAVE: Leite bubalino, Derivado lácteo, Probiótico, Prebiótico, Reaproveitamento.

ABSTRACT

With the growing production of buffalo milk in Brazil, interest in its composition is growing, which is superior to bovine milk in terms of nutritional and technological parameters. Buffalo milk has a better calcium/phosphorus ratio, higher protein concentration and is more resistant to heat treatment compared to bovine milk. All these parameters can positively impact the production of buffalo yogurt, improving nutritional, sensory and microbiological aspects. The objective was to develop a buffalo yogurt formulation with symbiotic potential, comparing the impact between the presence or absence of yacon potato flour with mango peel flour on physical-chemical and microbiological characteristics. Primary predictive microbiology was applied to monitor lactic acid bacteria (LAB) from fermentation to the shelf life of the product (42 days). The probiotic *Lactobacillus acidophilus* (LAFIT10®) was used, and, for comparison, the following treatments were applied: I1 – without addition of prebiotic, I2 – 2% mango peel flour and I3 – 2% mango peel flour (Tommy Atkins) mixed with 5% yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). The research also aimed to use Tommy Atkins mango peel, the pulp of which was used to give flavor, as well as yacon potato pulp and peel, opening the prospect of reusing industrial waste and adding dietary fiber with nutraceutical potential in product development. functional. The physical-chemical tests followed the techniques described by the Adolfo Lutz Institute and the Brazilian standards of Normative Instruction n° 46 of 2007. The microbiological tests were carried out following the Brazilian Resolution RDC n° 724/2022. Statistical analysis of the data was performed using Statistic software version 8.0 and predictive microbiology was applied using the ComBase® program. The buffalo milk yogurts, I1 and I3, were characterized as whole milk, and I2 was considered creamy. The formulations showed probiotic potential, maintaining a concentration of around 10^8 CFU/g during 42 days of shelf life. I3 was considered symbiotic potential because, in addition to the probiotic, a mix of flours with prebiotic potential was added. The best fit of the experimental data to the Baranyi and Roberts model was achieved, with less deviation from the theoretical results for formulation I1 with $R^2= 0.721$ and $RMSE=0.298$.

KEYWORDS: Buffalo milk, Dairy derivative, Probiotic, Prebiotic, Reuse.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Curva de crescimento de microrganismos. 22

CAPÍTULO 1

Figura 1. Processo de obtenção dos iogurtes de búfala. 31

Figura 2. Perfil cinético do pH e acidez das três formulações em condições de armazenamento.....36

Figura 3. Cinética de crescimento das bactérias lácticas durante o armazenamento.....38

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Analogia entre a Instrução Normativa nº 75 de 2020 com as formulações dos iogurtes de búfala produzidos.	34
Tabela 2. Composição centesimal e físico-química, dos iogurtes de búfala produzidos.....	35
Tabela 3. Padrão microbiológico dos iogurtes de búfala.	38
Tabela 4. Parâmetros Estatísticos e Matemáticos do Modelo de Baranyi e Roberts Ajustado aos Dados Experimentais do Crescimento de Bactérias Láticas Durante o Armazenamento.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Graus celsius
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Agricultural <i>Chemists</i>
APPCC	Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controle
Ca	Cálcio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FOS	Frutooligossacarídeos
Fase Lag	Fase de latência
g	Gramma
GOS	Galactooligossacarídeos
IN	Instrução Normativa
ISAPP	
LEB	Listeria Enrichment Broth
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
ml	Mililitro
MRS	Man Rogosa & Sharpe
MS	Ministério da Saúde
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NMP	Número Mais Provável
P	Fósforo
PCA	Plate Count Agar
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPM	Partes por milhão
µg	Micrograma
µL	Microlitro
Nm	Nanômetro
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPGCTA	Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
RDC	Resulção da Diretoria Colegiada
RPM	Rotações por minuto
SSP	Solução salina peptonada
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
XLD	Xilose Lisina Desoxicolato

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1. Leite búfala	15
3.2. Iogurte	16
3.3. Microrganismo Probiótico	16
3.4. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	17
3.5. Conceituação de Prebiótico.....	18
3.6. Batata yacon (<i>samallanthus sonchifolius</i>)	18
3.7. Manga (<i>Tommy Atkins</i>)	19
3.8. Microbiologia prediva.....	20
3.8.1. Modelos matemáticos.....	20
3.8.1.1. Barani e Roberts.....	22
4. REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO 1.....	26
ARTIGO: CARACTERIZAÇÃO DO IOGURTE DE BÚFALA SIMBIÓTICO E MODELAGEM CINÉTICA DAS BACTÉRIAS LÁTICAS DURANTE O SHELF LIFE	26
RESUMO	27
ABSTRACT.....	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4. CONCLUSÃO	40
5. REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

O leite bubalino possui teores de nutrientes bastante atrativos tanto nutricionalmente como no impacto positivo destes no rendimento dos derivados lácteos. Este leite possui elevados teores de sólidos totais, proteínas, cálcio, fósforo e gordura. Este último nutriente apresentando um teor médio de 1,8 vezes maior, quando comparado a gordura do tradicional leite de vaca e há menos colesterol presente. O leite de búfala tem uma composição significativamente diferente do leite bovino, apresentando inclusive uma melhor relação cálcio/fósforo e uma razão proteica eficiente mais alta, além de ter proteínas que são mais resistentes ao calor. Todos esses parâmetros podem impactar positivamente na produção do iogurte, em aspectos nutricionais, sensoriais e microbiológicos (Akgun et al., 2016; Cavali, et al., 2020a).

O desempenho da indústria leiteira no Brasil, encontra-se no quarto lugar, do top 10, entre as principais commodities, perdendo apenas para as produções de cana de açúcar, soja e de milho, respectivamente (FAO, 2021). Quanto ao rebanho bubalino, houve aumento na produção efetiva, que registrou um crescimento de 68,21% de 2017 a 2022. Este incremento representa a mais expressiva taxa de expansão em comparação com outros segmentos, tais como ovinos (56,02%), caprinos (49,70%) e bovinos (35,68%), conforme dados do IBGE avaliados entre os mesmos anos (IBGE, 2017, 2022).

Diante do interesse do consumidor por alimentos que ofereçam benefícios à saúde, como prevenção de doenças e, conseqüentemente, melhoria na sua qualidade de vida, o iogurte é um dos alimentos que apresenta nutrientes que agregam valor ao produto, possuindo elevados teores de proteínas, gordura e vitaminas, além de consistência mais agradável. O iogurte é um excelente meio devido a presença da disponibilidade de água, fonte de nitrogênio, fonte de carbono, vitaminas e sais minerais, nutrientes básicos e importantes para que haja a multiplicação de microrganismos (Martin; Lindner, 2022). Um exemplo de microrganismo de interesse, são os probióticos que quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefício para a saúde do hospedeiro e devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante todo o prazo de validade (ANVISA, 2018; Nyanzi et al., 2021a; Ribeiro, 2019).

Um outro fator que favorece o crescimento dos probióticos e pode agregar nutricionalmente ao iogurte, são os chamados prebióticos, que são ingredientes alimentares não digeríveis e afetam benéficamente o organismo estimulando seletivamente o crescimento e/ou atividade de bactérias saudáveis no cólon, promovendo a sobrevivência ou persistência das cepas probióticas (Ribeiro et al., 2019; Ribeiro, 2019).

Matérias-primas que armazenam carboidratos, especialmente Frutooligossacarídeos (FOS), têm sido incorporadas em formulações de novos produtos, associadas a probióticos, visando criar alimentos com potencial nutracêutico. Os FOS são compostos bioativos classificados como fibras insolúveis e atuam como prebióticos, estimulando seletivamente o crescimento de bactérias benéficas no cólon. Com cerca de 40 a 70% (em matéria seca) de FOS e inulina, a batata Yacon vem se destacando com várias aplicações, como na forma de farinhas, não apenas por prolongar a vida útil da matéria-prima, mas também por sua aplicação como ingrediente funcional em alimentos processados, como bolos, biscoitos, doces e pães (Kamp et al., 2019; Rodrigues et al., 2011; Wagner et al., 2019).

Além da busca por alimentos mais saudáveis, o consumidor busca produtos que tragam impactos sensoriais agradáveis. Dessa forma, enriquecer o iogurte com frutas, seja por meio de suco, polpa ou purê, tem se mostrado eficaz na melhoria das propriedades nutricionais e funcionais desse produto, resultando na ampliação da sua durabilidade durante o período de validade e tornando-o mais atrativo (Cais-Sokolinska; Walkowiak-Tomczak, 2021).

Uma fruta bem versátil que é usada desde saladas à sobremesas é a manga, podendo combinar bem com o iogurte, unindo o sensorial ao nutritivo. A região do Vale do São Francisco, localizada no Semiárido Nordeste, é a maior responsável pela produção e exportação de manga no Brasil, onde ocupa o quarto lugar dentre os países que mais exportam no mundo e a variedade Tommy Atkins, é o produto agrícola que está entre a mais exportada. A mangueira tem uma ampla adaptabilidade de solo e clima, além da presença de nitrogênio e potássio, que são os nutrientes extraídos em maior quantidade. Com relação aos micronutrientes, as maiores quantidades extraídas são de cobre, ferro e manganês e a casca é considerada com alto teor de fibras (EMBRAPA Semiárido, 2021; Ferreira et al., 2019).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi trabalhar na formulação do iogurte de búfala com potencial simbiótico e estudar o crescimento do probiótico no meio com e sem a presença de farinhas, visando o aproveitamento integral (casca e polpa) da batata Yacon e da casca da manga (Tommy Atkins) utilizada para saborização.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver iogurte de búfala com potencial simbiótico sabor manga (tommy atkins).

2.2. Objetivos Específicos

- Produzir farinhas da casca da manga (Tommy atkins) e da batata yacon (*Samallanthus sonchifolius*);
- Caracterizar o leite de búfala quanto a parâmetros físico-químicos;
- Produzir iogurtes com potencial simbiótico sabor manga (Tommy atkins);
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas para cada formulação de iogurte testada;
- Atestar o shelf life do novo produto de acordo com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Aplicar a microbiologia preditiva de primeira ordem para obtenção da curva de crescimento das bactérias lácticas nas formulações testadas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Leite búfala

O leite de bubalino possui teores de nutrientes bastante atrativos tanto nutricionalmente como no impacto positivo destes no rendimento dos derivados lácteos. Nas condições de manejo no Brasil, pode-se afirmar de modo geral, que os índices de produtividade leiteira das búfalas, são superiores ao bovino. Com boa alimentação e descanso, a produção de leite bubalino oscila de 1.500 a 4.000 litros, em uma média de 300 dias e a produção pode aumentar até a quarta lactação, sendo declinada lentamente posteriormente (Rosa et al., 2007). Já na produção leiteira bovina, em uma média de 300 dias, considerando um ótimo cenário, pode-se obter entre 1.200 a 3.000 litros de leite (EMBRAPA, 2021).

Analisando o desempenho da indústria leiteira no Brasil (FAO, 2021), destaca-se o notável aumento na produção efetiva de rebanho bubalino, que registrou um crescimento de 68,21% de 2017 a 2022. Este incremento representa a mais expressiva taxa de expansão em comparação com outros segmentos, tais como ovinos (56,02%), caprinos (49,70%) e bovinos (35,68%), conforme dados do IBGE avaliados entre esses mesmos anos (IBGE, 2017, 2022). Essa discrepância aponta para um crescente interesse nesses mamíferos, evidenciando a importância de se observar de perto as dinâmicas e tendências do setor.

O leite de búfala apresenta uma coloração característica branca, devido à baixa concentração de pigmentos carotenoides (β -caroteno). Para produção de derivados lácteos, há certo interesse nesse leite devido ao teor elevado de gordura, sólidos totais, proteína, cálcio (Ca) e fósforo (P) e, esses nutrientes implicam em maiores rendimentos na elaboração de queijos, produtos fermentados, leite em pó, manteiga, iogurte, leite maltado, doce de leite e sorvete. O leite de bubalino apresenta algumas peculiaridades em relação ao leite de vaca, além dos parâmetros já citados, este apresenta uma melhor relação cálcio/fósforo e uma razão proteica eficiente mais alta, proteínas que são mais resistentes ao calor e mesmo o teor de gordura médio sendo de 1,8 vezes maior, há menos colesterol presente. Todos esses parâmetros podem impactar positivamente na produção do iogurte, em aspectos nutricionais, texturais e microbiológico (Akgun et al., 2016; Cavali et al., 2020b).

3.2. Iogurte

O consumo de leite e derivados no Brasil está em torno de 180 kg equivalente de leite/habitante/ano, apesar desse valor ainda ser inferior quando comparado com a Oceania (acima de 323 kg/hab /ano), União Europeia (286 kg/hab /ano) e nos Estados Unidos (259 kg/hab /ano), o consumo no Brasil aumentou muito nos últimos anos inclusive, sendo a opção de alimento em diferentes faixas econômicas (Cruz et al., 2016; Siqueira, 2019).

O iogurte é considerado uma boa fonte de proteínas, cálcio e além de conter bactérias benéficas para saúde, é um excelente meio para multiplicação destes microrganismos, devido a carga nutritiva presente no substrato. É atestado pela Anvisa (2019), as pessoas que consomem esse produto sendo administrados em quantidades ideais diariamente, tendem a ter hábitos alimentares mais saudáveis (Brasil, 2019; Brasil, 2007; Rego et al., 2020).

O iogurte é um leite fermentado que pode ser adicionado ou não de outras substâncias alimentícias. Obtido por coagulação e diminuição do pH do leite fluido ou reconstituído, a partir da fermentação láctica mediante ação de cultivos pro-simbióticos das bactérias *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, aos quais se podem ser adicionados, outras bactérias lácticas, modificando as características sensoriais ao fim do processo de fabricação. Estes microrganismos específicos devem ser viáveis, ativos e abundantes no produto final durante seu prazo de validade comercial (Brasil, 2007).

3.3. Microrganismo Probiótico

De acordo com a RDC nº 241 de 2018, é definido probiótico como o microrganismo viável que apresenta efeitos benéficos para a saúde do hospedeiro, promovendo o equilíbrio da microbiota intestinal normal. Dessa forma, com a mudança no estilo de vida da população, as pessoas buscam alimentos equilibrados nutricionalmente e que possam oferecer benefícios adicionais à saúde. Neste contexto, os alimentos com potencial probiótico ganham cada vez mais a atenção do consumidor e em virtude desta procura, o mercado de laticínios probióticos tem crescido em todo o mundo e continua em franca expansão (Brasil, 2018; Nascimento, 2016).

Leites e produtos lácteos como iogurte são excelentes meios para a multiplicação de bactérias lácticas probióticas. No entanto, para conferir benefícios à saúde, as bactérias devem chegar ao intestino ativas e em concentrações adequadas. Alguns autores sugerem níveis superior a 10^6 UFC/mL ou entre 10^7 e 10^8 UFC/mL, para atingir níveis terapêuticos reconhecidos pela prática médica (Brasil, 2019; Barbosa; Gallina, 2017).

Adicionando um probiótico junto à cultura própria do iogurte, estes atuam de forma mais intensa na promoção dos benefícios ao organismo, principalmente com potencial na prevenção de doenças gastrointestinais, melhorando e protegendo seu funcionamento, fortalecendo o sistema imunológico, aumentando a absorção de alguns minerais e reforçando o mecanismo de defesa intestinal, além de apresentar elevada digestibilidade, tornando-se um alimento com alegações funcionais (Oliveira, 2017; Zendeboodi et al., 2020).

3.4. *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus são os microrganismos responsáveis pelo rápido abaixamento do pH do iogurte, desse modo, promovem como resultado de seu metabolismo, compostos aromáticos, os quais conferem o sabor e flavor característico do produto, assim como nessas condições são capazes de resistir a baixas tensões superficiais e ao suco gástrico (Ramos et al., 2009). Apresentam também habilidade em colonizar o intestino grosso, produzindo compostos antimicrobianos, os quais agem de modo a competir com os microrganismos patogênicos caso estejam presentes (Zendeboodi et al., 2020).

Esses microrganismos quando ingeridos regularmente e de forma adequada ao organismo, promovem benefícios a saúde como manutenção da microbiota intestinal, controle de patógenos e a modulação do sistema imunológico ao nível intestinal (Brasil, 2019).

As espécies pertencentes a esse gênero (*Lactobacillus*), possuem uma geometria de bacilos em forma de bastão com as extremidades arredondadas, microaerófilos, homo fermentadores (utilizando apenas as hexoses como fonte de carbono) e com temperatura ótima de crescimento a 45°C . Além de produzirem compostos antimicrobianos, contribuindo para a conservação de alimentos, esses microrganismos tem sido utilizados como culturas bio protetoras em função da sua atividade bacteriocinogênica (Cruz et al., 2019).

3.5. Conceituação de Prebiótico

Ferreira (2021) aborda o conceito de prebióticos que são carboidratos não digeríveis que afetam benéficamente o indivíduo pela estimulação seletiva do crescimento e/ou da atividade de uma ou de número limitado de espécie(s) de bactérias benéficas no cólon. São carboidratos não digeríveis como os frutanos (frutooligossacarídeos ou FOS e a inulina), galactanos (galactooligossacarídeos ou GOS) e os xilooligossacarídeos são os oligossacarídeos componentes de matrizes vegetais mais conhecidos pelos seus efeitos na saúde. Dentre estes benefícios à saúde, está a produção de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato), que agem estimulando a função imune, mantendo os níveis adequados de lipídeos e glicídeos, melhora na absorção de minerais, devido ao efeito positivo na microbiota intestinal (Costa Costa et al., 2021).

Em 2021, a Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP), classificou prebiótico como “um substrato que é seletivamente utilizado por microrganismos hospedeiros que conferem benefício à saúde”. Nesse novo conceito são abrangidas todas as bactérias promotoras de saúde que respondem aos prebióticos, em todo o trato gastrointestinal, compreendendo da cavidade oral ao reto, o trato urogenital e a pele (Salminen, 2021).

Por ser fibras não digeríveis pelo organismo humano, estas chegam intactas ao intestino grosso e podem ser utilizadas no metabolismo das bactérias benéficas, como probióticos e os metabólitos desta reação podem trazer benefícios a saúde do hospedeiro quando estes fazem parte da dieta. Benefícios como a prevenção do alzheimer, regulação do sistema digestivo, no combate de células cancerígenas, entre outros. Esses prebióticos podem ser encontrados nas frutas, legumes, verduras e grãos (Bhadra, 2022).

3.6. Batata yacon (*samallanthus sonchifolius*)

Matérias-primas que armazenam carboidratos, especialmente Frutooligossacarídeos (FOS), têm sido incorporadas em formulações de novos produtos, associadas a probióticos,

visando criar alimentos com potencial nutracêutico. Os FOS são compostos bioativos classificados como fibras insolúveis e atuam como prebióticos, estimulando seletivamente o crescimento de bactérias benéficas no cólon. Com cerca de 40 a 70% (em matéria seca) de FOS e inulina, a batata Yacon vem sendo utilizada como adoçante natural para diabéticos. Outras culturas, como alho, cebola, aspargos e alcachofra, também contêm FOS, embora em concentrações inferiores ao Yacon. Este tubérculo pode ser consumido cru ou processado em diversas formas, como xarope, suco, fatias, chips, pó ou vinagre. Destaca-se a farinha de Yacon, promissora não apenas por prolongar a vida útil da matéria-prima, mas também por sua aplicação como ingrediente funcional em alimentos processados, como bolos, biscoitos, doces e pães (Kamp et al., 2019; Rodrigues et al., 2011; Wagner et al., 2019).

3.7. Manga (*Tommy Atkins*)

A manga na variedade Tommy atkins, é bem versátil, podendo ser utilizada desde saladas até sobremesas. Possui um teor de calorias relativamente baixo, média de 2,6%, em relação a Ingestão Diária Recomendada (IDR), possui uma boa fonte de carboidratos, teor considerável de fibras, cerca de 8,4%, fonte de vitaminas, sendo cerca de 7,9% do IDR de vitamina C, sem contar os minerais e outros nutrientes (TACO, 2011; Brasil, 2020).

O Vale do São Francisco, no Semiárido Nordestino, lidera a produção e exportação de manga no Brasil, o quarto maior exportador mundial. A variedade Tommy Atkins esta entre as mais exportadas. A mangueira tem uma ampla adaptabilidade de solo e clima, além da presença de nitrogênio e potássio em seu fruto, que são os nutrientes extraídos em maior quantidade. Com relação aos micronutrientes, as maiores quantidades extraídas são de cobre, ferro e manganês e a casca é considerada com alto teor de fibras (EMBRAPA, 2021; Ferreira et al., 2019).

A casca e a semente da manga apresentam cerca de 40% da massa total, ou seja, na indústria de sucos ou minimamente processados há um grande desperdício de um subproduto, ainda com benefícios a nutrição do consumidor, redução de custos para indústria e redução dos impactos ambientais. A parte do fruto que há um maior teor de nutrientes, concentra-se na casca e na semente, dessa forma, realizar estudos que apliquem tecnologia e possam tornar esses resíduos industriais nutritivos de volta a cadeia produtiva, fomentando a economia circular, é um desafio que justifica valer a pena ser investido como

proposta de projeto de pesquisa (Almeida et al., 2020).

3.8. Microbiologia preditiva

A modelagem preditiva é uma das áreas pertencentes a microbiologia de alimentos que tem por objetivo quantificar por meio da estatística e de modelos matemáticos o comportamento microbiano em condições ambientais prescritas, podendo ser incorporados a sistemas de gestão de segurança do alimento como o APPCC ou melhorias de formulações, como também, possibilitando a avaliação dos efeitos de processamentos, distribuição e estocagem na qualidade e segurança microbiológica, predição da vida útil dos alimentos, bem como auxiliar nas tomadas de decisões (Cruz, 2019; Huang, 2014).

Há um crescente interesse na aplicação da microbiologia preditiva e um dos fatores associados está na conscientização por parte de muitos microbiologistas em que os métodos de análise tradicionais, para determinação da qualidade e segurança dos alimentos eram limitados pelo tempo necessário para se obter um resultado e tinham, portanto, pouco valor preditivo, e que os métodos indiretos baseados em mudanças químicas, físicas ou físico-químicas exigiam um nível muito elevado de células para fornecer uma resposta. Dessa forma, pesquisas têm sido realizadas para conhecer melhor o comportamento desses microrganismos, frente as condições na qual eles são submetidos. Sendo esses microrganismos desejados (benéficos) ou não (deteriorantes ou patógenos) no processo de fabricação dos alimentos (Forsythe, 2013; Slongo, 2008; Teleken, 2011).

3.8.1. Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos são usados auxiliando na construção e no entendimento a respeito do crescimento ou inativação celular. Estes modelos podem ser classificados em primários (levando em consideração apenas um parâmetro dentre os fatores ambientais), secundários (levando em consideração um ou mais parâmetros dentre os fatores ambientais) e terciários (integrando um ou mais modelos secundários em softwares (Schlei, 2018).

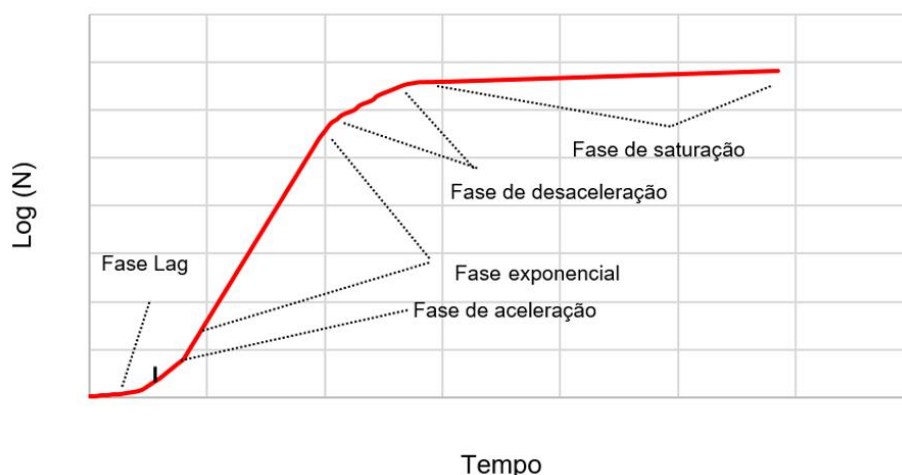
A partir dos ajustes dos dados experimentais com os modelos é possível prever o comportamento dos microrganismos em determinadas parâmetros. Os modelos matemáticos

de primeiro nível descrevem o comportamento cinético da multiplicação celular em condições ambientais específicas como temperatura, pH e atividade de água (Forsythe, 2013; Cruz, 2019). Estes modelos cinéticos quantificam unidades formadoras de colônias (UFC/g/mL) por mililitro/miligrama, formação de toxinas, níveis de substrato, produtos metabólicos (que são medidas diretas da resposta), ou a absorvância ou a impedância, que são medidas indiretas da resposta microbiana (Miller, 2004).

A escolha do modelo matemático deve ser realizada de forma criteriosa, para representar os valores reais (Egea, 2015), o que significa que um modelo fundamentado deve representar um sistema e a forma como ocorrem as modificações dentro dele, além de ser o mais transparente possível, de modo que os resultados possam ser compreendidos de forma intuitiva (Soarez, 2014).

O crescimento celular por exemplo, pode ser representado numa curva em 5 etapas, como apresentado na Figura 3: fase de latência (fase lag), fase de aceleração, fase exponencial, fase de desaceleração e fase estacionária. Na primeira etapa, é uma fase em que o microrganismo está se adaptando ao meio e, portanto, a multiplicação é mais lenta. Na segunda etapa, é o momento da transição, onde a velocidade exponencial máxima ainda não foi alcançada, mas já ocorre a multiplicação celular. Na terceira etapa, é a melhor etapa para o crescimento celular, onde a velocidade é máxima. Na quarta etapa, é outro momento de transição, porém neste, a velocidade é reduzida cessando o crescimento celular. E a quinta etapa, é onde já foi cessada a multiplicação celular e a velocidade é nula (Schlei, 2018. Teleken, 2011).

Figura 1. Curva de crescimento de microrganismos.



Fonte: Schlei, 2018.

3.8.1.1. Barani e Roberts

Para o modelo de Baranyi e Roberts (1994) propuseram uma inclusão de uma fase de crescimento exponencial linear, $\mu(x)$ (Equação 3), e uma fase lag determinada por uma função de ajuste, $A(x)$ (Equação 2). Este modelo apresentado na Equação 1 é classificado como empírico, cinético e primário (Vasconcelos, 2017).

$$Y(t) = Y_0 + kA(t) - \ln\left(1 + \frac{e^{kA(t)} - 1}{e^{Y_{m\acute{a}x} - Y_0}}\right) \quad \text{Equação 1.}$$

$$A(t) = t + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{e^{kt} - q_0}{1 + q_0}\right) \quad \text{Equação 2.}$$

$$\lambda = \frac{\ln\left(1 + \frac{1}{q_0}\right)}{k} \quad \text{Equação 3.}$$

Onde: $Y(t)$ é a quantidade de microrganismos no tempo, Y_0 é a concentração inicial de microrganismos, k é a velocidade de crescimento, $Y_{m\acute{a}x}$ é a concentração máxima de microrganismos, q_0 representa um parâmetro teórico que expressa o estado fisiológico inicial das células, e λ é a fase lag.

Após um período de tempo de ajuste, o modelo Baranyi e Roberts supõe, que a taxa de crescimento se torna constante e uma assíntota superior pode ser acomodada, descrevendo desta forma uma fase linear, sendo possível assim que a fase exponencial do crescimento seja representada por uma reta (Schlei, 2018).

4. REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. **As 10 frutas mais consumidas no Brasil: confirma a lista das preferidas**. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2021/06/as-10-frutas-mais-consumidas-no-brasil-confirma-a-lista-das-preferidas/>>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- ABRAS. **Consumo de iogurte anda melhor do que o esperado, revela Kantar**. Disponível em: <<https://www.abras.com.br/clipping/geral/109812/consumo-de-iogurte-anda-melhor-do-que-o-esperado-revela-kantar>>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- AKGUN, A.; YAZICI, F.; GULEC, H. A. Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. *LWT*, v. 74, p. 521–527, dez. 2016.
- ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA RDC Nº 241, DE 26 DE JULHO DE 2018**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379910/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-241-de-26-de-julho-de-2018-34379900, 27 jul. 2018.
- ANVISA. **Alegações de propriedade funcional aprovadas - Busca - Anvisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 724, DE 1º DE JULHO DE 2022**. Disponível em: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6503717/%281%29RDC_724_2022_COMP.pdf/449d2851-7585-4a64-94c0-e88fd13acbf8>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BARBOSA, P. D. P. M.; GALLINA, D. A. VIABILIDADE DE BACTÉRIAS (STARTER E PROBIÓTICAS) EM BEBIDAS ELABORADAS COM IOGURTE E POLPA DE MANGA. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 72, n. 2, p. 85–95, 1 jun. 2017.
- BRASIL. ANVISA. Agência de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº75 de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. 2020.
- CAIS-SOKOLINSKA, D.; WALKOWIAK-TOMCZAK, D. Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 2, p. 1318–1335, fev. 2021.
- CAMARGO, A. P. R. S. **Modelagem do Crescimento de Bactérias Ácido Lácticas em Cultura Pura e Mista Sob Condições Isotérmicas e Não Isotérmicas de Cultivo**. Doutorado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- CARDINES, P. H. F. et al. **ELABORAÇÃO DE IOGURTE COM ADIÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Anais...São Paulo: Editora Edgard Blücher, fev. 2015.
- CAVALI, J.; GOMES, R.; PEREIRA, A. **Produção leiteira de búfalos**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126184>>. Acesso em: 20 jan. 2024a.
- CAVALI, J.; GOMES, R.; PEREIRA, A. **Produção leiteira de búfalos**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126184/producao-leiteira-de-bufalos>>. Acesso em: 14 jan. 2024b.
- CITRO, A. **Mozzarella de búfala e outros queijos com leite de búfalas**. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, 2019.
- CRUZ, A. et al. **Microbiologia, higiene e controle de qualidade no processamento de leites e derivados**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019a.
- CRUZ, A. et al. **Inovação e Avanços em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados**. 1. ed. São Paulo: 9788564217034, 2019b.
- CRUZ, A. G. DA et al. **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados**. Elsevier ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- CRUZ, A. G. DA et al. **Microbiologia, higiene e controle de qualidade no processamento de leites e derivados**. Elsevier ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019c.
- CUNHA NETO, O. C. et al. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 3, p. 448–453, set. 2005.
- DA COSTA, G. S.; DA SILVA, M. C.; DA CRUZ, A. G. **DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS LÁCTEOS COM ADIÇÃO DE FARINHAS PREBIÓTICAS**. [s.l.: s.n.].

DE SÁ, A. A. et al. Elaboração, composição e avaliação sensorial de bebida prebiótica com casca de manga “Tommy Atkins” adicionada de farinha de banana verde / Elaboration, composition and sensory evaluation of prebiotic drink with “Tommy Atkins” mango peel added with green banana flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 87936–87953, 9 set. 2021.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Anuário de Leite 2021: Saúde única e total**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-saude-unica-e-total>>. Acesso em: 14 out. 2022.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020, totalizando US\$ 246 milhões**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60585117/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

FAO. **Overview of global dairy market developments in 2020**. Roma: [s.n.].

FERREIRA, L. C. et al. Iogurte simbiótico sabor cajá (Spondias Mombin L.): características físico-químicas, microbiológicas e de aceitabilidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

FERREIRA, M. J. DE S. et al. Avaliação do estado nutricional de mangueiras Tommy Atkins cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco. **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO**, n. 1808–9992, p. 61–65, 2019.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. ed. [s.l: s.n.].

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. ed. [s.l: s.n.].

IBGE. **Ranking - Todos do Brasil por Efetivo do rebanho**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=0>. Acesso em: 14 jan. 2024.

IBGE. **Produção agropecuária**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

KAMP, L. et al. Plant growth, tuber yield formation and costs of three different propagation methods of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 1–11, 1 jun. 2019a.

KAMP, L. et al. Plant growth, tuber yield formation and costs of three different propagation methods of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 1–11, 1 jun. 2019b.

LEBAKA, V. R. et al. Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Three Different Parts of Mango Fruit. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 741, 16 jan. 2021.

MALDONADO-CELIS, M. E. et al. Chemical Composition of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and Phytochemical Compounds. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 17 out. 2019.

MAPA. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Instrução Normativa nº46. Diário Oficial da União, 23 de outubro de 2007. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**BrasilMinistério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, , 23 out. 2007.

MAPA. **Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**Brasilhttps://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076, , 2018.

MARTIN, J. G. P.; LINDNER, J. DE D. **Microbiologia de Alimentos Fermentados**. 1. ed. [s.l: s.n.].

MENDES-FILHO, N. E.; CARVALHO, M. P.; DE SOUZA, J. M. T. Determinação de macrocomponentes e nutrientes minerais da polpa de manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 6, 23 dez. 2014.

NASCIMENTO, M. H. A. **Iogurte caprino sabor goiaba suplementado com oligofrutose e fermentado com L. acidophilus: avaliação in vitro de potencial probiótico**. Bacharelado—Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

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

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

OLIVEIRA, M. T. B. D. **Avaliação da qualidade microbiológica de polpas de frutas mistas congeladas**. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

PEREIRA, J. DE A. R. et al. Studies of chemical and enzymatic characteristics of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its flours. **Food Science and technology**, p. 75–83, mar. 2013.

PÉREZ-CHABELA, M. DE L. et al. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science and Technology**, v. 42, mar. 2022.

RAMOS, T. M. et al. Perfil de textura de labneh (iogurte grego). **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, p. 8–12, 2009.

REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. Iogurtes industrializados: porções práticas de nutrição e funcionalidade. **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, p. 26–17, 2020.

RIBEIRO, A. DE S. et al. Development of symbiotic yoghurt and biological evaluation (New Zealand White Rabbits) of its functional properties. **Food Science and Technology**, v. 39, n. suppl 2, p. 418–425, dez. 2019.

RIBEIRO, J. L. **Potencial tecnológico, probiótico e antagonista da microbiota láctica de leite de búfalas**. Mestrado—Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, nov. 2019.

ROBERT, N. **Fabricação de iogurtes Processos de produção de iogurte**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.sbirt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MzIw>>. Acesso em: 27 jan. 2024.

RODRIGUES, F. C. et al. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 3, p. 290–295, 1 mar. 2011.

ROSA, B. R. T. et al. INTRODUÇÃO DE BÚFALOS NO BRASIL E SUA APTIDÃO LEITEIRA. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE MEDICINA VETERINÁRIA**, n. 1679–7353, 8 jan. 2007.

SAFDARI, Y. et al. The Effect of Banana Fiber and Banana Peel Fiber on the Chemical and Rheological Properties of Symbiotic Yogurt Made from Camel Milk. **International Journal of Food Science**, v. 2021, p. 1–7, 15 dez. 2021.

SCHLEI, K. P. et al. MICROBIOLOGIA PREDITIVA: ASPECTOS GERAIS E TENDÊNCIAS. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia - ISSN: 1984-5693**, v. 10, p. 52, 6 ago. 2018a.

SCHLEI, K. P. et al. MICROBIOLOGIA PREDITIVA: ASPECTOS GERAIS E TENDÊNCIAS. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia - ISSN: 1984-5693**, v. 10, p. 52, 6 ago. 2018b.

SCOLFORO, C. Z. **Modelagem preditiva do crescimento de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella enterica* em co-cultura com *Enterococcus faecalis***. Doutorado—Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2018.

SILVA, A. S. DOS S. P. **Desenvolvimento de iogurte de leite de búfala com abacaxi em calda**. Bacharelado—Vitória de Santo Antão: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. **Embrapa Gado de Leite**, 2019.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. 4 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

TELEKEN, J.; ROBAZZA, W.; GOMES, G. Mathematical modeling of microbial growth in milk. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 01012061, p. 891–896, dez. 2011.

VASCONCELOS, A. C. M. **Modelagem determinística do crescimento de *Bacillus cereus* em função do pH e temperatura Deterministic modeling of *Bacillus cereus* growth as a function of pH and temperature**. Dissertação—Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 12 jun. 2017.

WAGNER, M. et al. Environmental and economic performance of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) cultivated for fructooligosaccharide production. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 17, 1 set. 2019.

ZENDEBOODI, F. et al. Probiotic: conceptualization from a new approach. **Current Opinion in Food Science**, v. 32, p. 103–123, abr. 2020.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos - IAL**. 4. ed. São Paulo: 2008, 2008.

CAPÍTULO 1

ARTIGO: CARACTERIZAÇÃO DO IOGURTE DE BÚFALA SIMBIÓTICO E MODELAGEM CINÉTICA DAS BACTÉRIAS LÁTICAS DURANTE O SHELF LIFE

Rikelyne Gonçalves Silva¹, Mércia Aurélia Gonçalves Leite², Neila Mello dos Santos Barbosa³, Neide Kazue Sakugawa Shinohara¹.

Este artigo será submeido a revista:

Food and Bioproducts Processing



ISSN: 0960-3085
Qualis Capes: A1 Impact Fator: 4,6

CARACTERIZAÇÃO DO IOGURTE DE BÚFALA SIMBIÓTICO E MODELAGEM CINÉTICA DAS BACTÉRIAS LÁCTICAS DURANTE O SHELF LIFE

Rikelyne Gonçalves Silva¹, Mércia Aurélia Gonçalves Leite², Neila Mello dos Santos Barbosa³, Neide Kazue Sakugawa Shinohara¹.

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco

²Universidade Federal de Pernambuco

³Universidade Federal do Mato Grosso

Autor de correspondência: Rikelyne Gonçalves Silva - rikelyne.goncalves@gmail.com

RESUMO

A produção de leite bubalino tem apresentado crescimento exponencial, com uma composição nutricional que supera o leite bovino como à relação cálcio/fósforo e à eficiência proteica, além de apresentar proteínas mais resistentes a tratamentos térmicos convencionais. Esses parâmetros podem impactar na produção do iogurte, melhorando aspectos nutricionais, sensoriais e microbiológicos. O objetivo foi desenvolver iogurtes de búfala com potencial simbiótico de forma sustentável. Dessa forma, houveram três formulações: I1 sem adição de farinha, I2 com 2% de Farinha de Casca de Manga (FCM) e I3 com um mix de 2% de FCM e 5% de farinha de batata yacon. As análises físico-químicas e microbiológicas seguiram as técnicas do Manual do Instituto Adolfo Lutz e de acordo com as regulamentações brasileiras, conforme o caso. Na modelagem matemática, foi utilizado da ferramenta online, DMFit. Os iogurtes foram caracterizados como integrais (I1 e I3) e com creme (I2), todos apresentaram potencial probiótico ao longo de 42 dias de prateleira. Já o I3, considerado com potencial simbiótico devido à adição do mix de farinhas. Foi possível obter o melhor ajuste dos dados experimentais ao modelo de Baranyi e Roberts e um menor desvio desses resultados teóricos para a formulação I1 com $R^2= 0,721$ e um $RMSE=0,298$.

PALAVRAS-CHAVE: Iogurte de búfala, iogurte simbiótico, alimento funcional, Farinha da casca da manga.

ABSTRACT

The production of buffalo milk has shown exponential growth, with a nutritional composition that surpasses bovine milk in terms of the calcium/phosphorus ratio and protein efficiency, as well as presenting proteins more resistant to conventional heat treatments. These parameters can impact yogurt production, improving nutritional, sensory, and microbiological aspects. The objective was to develop buffalo yogurts with symbiotic potential sustainably. Thus, three formulations were made: I1 without the addition of flour, I2 with 2% Mango Peel Flour (MPF), and I3 with a mix of 2% MPF and 5% yacon potato flour. Physicochemical and microbiological analyses followed the techniques of the Adolfo Lutz Institute Manual and Brazilian regulations, as appropriate. In mathematical modeling, the online tool DMFit was used. The yogurts were characterized as whole (I1 and I3) and with cream (I2), all showing probiotic potential over 42 days of shelf life. I3 was considered to have symbiotic potential due to the addition of the flour mix. It was possible to obtain the best fit of the experimental data to the Baranyi and Roberts model and a lower deviation of these theoretical results for formulation I1 with $R^2= 0.721$ and $RMSE=0.298$.

KAYWORDS: Buffalo yogurt, symbiotic yogurt, functional food, mango peel flour.

1. INTRODUÇÃO

Analisando o desempenho da indústria leiteira no Brasil (FAO, 2021), destaca-se o notável aumento na produção efetiva de rebanho bubalino, que registrou um crescimento de 68,21% entre 2017 e 2022. Este incremento representa a mais expressiva taxa de expansão em comparação com outros segmentos, tais como ovinos (56,02%), caprinos (49,70%) e bovinos (35,68%), conforme dados do IBGE avaliados entre esses mesmos anos (IBGE, 2017, 2022).

O leite de búfala, destaca-se por apresentar uma composição significativamente diferente do leite bovino, demonstrando uma maior concentração de cálcio, uma relação cálcio/fósforo mais favorável, proteínas mais resistentes ao calor, além de ter uma proporção superior em relação ao teor de gorduras. Todos esses parâmetros exercem impactos positivos na produção de iogurte, influenciando beneficentemente aspectos nutricionais, sensoriais e microbiológicos do produto final (Akgun; Yazici; Gulec, 2016).

O iogurte destaca-se por seu valor nutritivo no consumo humano, mas também, é um ótimo meio para a multiplicação de microrganismos benéficos, como os probióticos. Alimentos probióticos podem conferir benefícios à saúde do hospedeiro, quando consumidos nas quantidades necessárias regularmente (ANVISA, 2018; Nyanzi et al., 2021; Ribeiro, 2019).

É necessário manter esses microrganismos benéficos em quantidades ideais durante todo o tempo de vida de prateleira do produto e um dos fatores que auxiliam nessa manutenção, são os prebióticos. Os prebióticos exercem efeitos benéficos no organismo ao estimular seletivamente o crescimento de bactérias no cólon, promovendo a sobrevivência das cepas probióticas (ANVISA, 2018; Ribeiro, 2019).

Matérias-primas que armazenam carboidratos, especialmente frutooligosacarídeos (FOS), têm sido incorporadas em formulações de novos produtos, associadas a probióticos, visando criar alimentos com potencial nutracêutico (Kamp et al., 2019). Com cerca de 40 a 70% (em matéria seca) de FOS e inulina, a batata Yacon vem se destacando com várias aplicações, como na forma de farinhas, não apenas por prolongar a vida útil da matéria-prima, mas também por sua aplicação como ingrediente funcional em alimentos processados, como bolos, biscoitos, doces e pães (Kamp et al., 2019; Rodrigues et al., 2011; Wagner et al., 2019).

O processamento de frutas, também geram resíduos ricos nutricionalmente que podem ser reaproveitados, como a casca da manga. Aproximadamente 15 a 20% das cascas,

no processamento de sucos de manga ou produção de polpas, não são utilizadas comercialmente, resultando em poluição em aterros sanitários. Esta matériaprima desperdiçada é composta por vários constituintes bioativos e fibras alimentares, apresentando propriedades antioxidantes e sequestradoras de radicais livres (De Sá et al., 2021; Lebaka et al., 2021). A combinação de iogurte com probióticos e farinhas de cascas de frutas nos conduz à formulação de um alimento simbiótico (Pérez-Chabela et al., 2022).

Portanto, o propósito deste estudo foi desenvolver uma formulação simbiótica de iogurte de búfala de forma sustentável com o reaproveitamento da casca da manga *tommy atkins*. Para isso, foi realizada uma avaliação do impacto das farinhas potenciais prebióticas no crescimento dessas culturas benéficas e analisado o crescimento do probiótico, utilizando a microbiologia preditiva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Obtenção do prebiótico

Foi comprada comercialmente a batata yacon juntamente com as mangas Tommy atkins, no mercado de frutas em Recife, Pernambuco. As batatas e as mangas foram lavadas com detergente neutro e imersas em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm por 30 minutos para higienização. As mangas foram despulpadas e congeladas, as cascas foram cortadas em tiras médias de 2mm de espessura para a etapa seguinte. As batatas (casca e polpa) foram fatiadas em rodela com espessura máxima de 2mm em processador. Tanto a casca como as rodela de batata foram depositadas em uma forma de inox, para incubação em estufa de circulação de ar forçado, onde ficou secando em média por 4h e 6h, respectivamente, com temperatura média de secagem de $51 \pm 2^\circ\text{C}$. Foi realizado o acompanhamento a cada hora da secagem de forma quantitativa por gravimetria e finalizada a secagem até peso constante.

Após secagem, estes foram moídos separadamente em moinhos de faca e peneirados (mesh 50), para preparação das farinhas, ambos foram armazenados em potes herméticos e ao abrigo da luz até a utilização.

2.2. Obtenção do leite de búfala

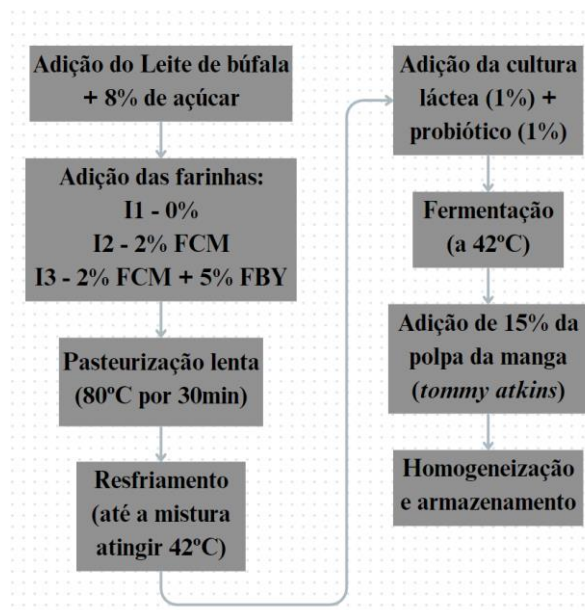
Foi obtido do Laticínio, localizado no município de Paudalho em Pernambuco, onde foram obtidos 3L de leite de búfala da raça murreh, por meio de ordenha mecânica. Foi

realizado o transporte em recipiente hermético e conservando termicamente à $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ até chegar ao Laboratório de Tecnologia de Leites e Derivados da UFPE, onde foram pasteurizados (65°C por 30min) e armazenados em potes de vidro estéreis sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

2.3. Elaboração do iogurte

Foram elaboradas 3 formulações de iogurtes. A formulação I1 sem adição de farinhas, formulação I2 com a adição de 2% da Farinha da Casca da Manga (FCM) e a formulação I3 com a adição de um mix de farinhas, sendo composto por 2% da FCM e 5% da Farinha da Batata Yacon (FBY). A Figura 1 apresenta o fluxo produtivo dos iogurtes. A formulação básica para todos, deu-se da seguinte forma: Foi transferido 1L de leite de búfala integral em cada recipiente e misturou-se açúcar refinado (8%). Seguindo para a adição ou não de farinhas conforme cada formulação. Após homogeneização, os iogurtes, seguiram para pasteurização lenta ($85 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 30min) e posterior resfriamento em banho de gelo até $42 \pm 1^{\circ}\text{C}$ para adição de 1% da cultura láctea comercial para iogurte (*Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*) e de 1% também do probiótico (*Lactobacillus acidophilus*). Homogeneizou-se e transferiu-se as misturas para potes de vidro estéreis seguindo para incubação em estufa com temperatura controlada em $42^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 3 horas até que atingir valor de pH 5,2 e acidez de 60° Dornic. A polpa de manga (15%), foi adicionada após fermentação. Os iogurtes já prontos foram armazenados em geladeira, sob refrigeração com temperatura controlada máxima de $8 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Figura 1. Processo de obtenção dos iogurtes de búfala.



Fonte, O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

2.4. Análises físico-químicos

Os ensaios físico-químicos seguiram as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (Zenebon et al., 2008) e os padrões da IN 46/2007 (Brasil, 2007). Dentre as análises foram realizadas: determinações de pH, acidez, cinzas, proteínas, carboidratos e lipídios, todos realizados em triplicata. Também foi analisado o acompanhamento no produto acabado da sinérese, seguindo a metodologia aplicada por Barbosa (2017), que em tubos Falcon estéreis de fundo cônico (15mL) foram adicionadas alíquotas de 10 mL (equivalente a 7cm da altura do tubo), em triplicata, para cada amostra dos iogurtes e armazenados sob as mesmas condições de armazenamento dos iogurtes produzidos (temperatura de $6^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), realizando-se a medida (em centímetros) da dessoragem ou separação do soro na superfície do produto durante 45 dias, semanalmente, contados a partir do dia de produção e posteriormente foi obtida uma estimativa média em porcentagem para o dessoramento dos iogurtes de búfala simbióticos produzidos.

Por fim, a determinação do valor calórico total foi expressa através dos resultados obtidos dos macronutrientes: carboidratos (C), proteínas (P) e lipídeos (L), utilizando a Equação 1, que expressa o valor de Kcal/100g (Mendes-Filho et al., 2014).

$$\text{Valor energético (kcal/100g)} = (\text{Cx4}) + (\text{Px4}) + (\text{Lx9}) \quad \text{Equação 1.}$$

Onde: C é o valor de carboidrato (%), P é o valor de proteína (%), L é o valor de lipídeo (%), 4 é o fator de conversão em kcal determinado em bomba calorimétrica para proteína e carboidrato, 9 é o fator de conversão em kcal determinado em bomba calorimétrica para lipídeo.

2.5. Ensaios microbiológicos

Estes ensaios foram realizados seguindo a Resolução - RDC nº 724, de 01 de julho de 2022, a qual dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação (Brasil, 2022).

Sendo, dessa forma, realizadas análises de coliformes totais e termotolerantes pela técnica a partir do Número Mais Provável a partir de alíquotas de 100 μL de cada diluição selecionada e inoculada em série de três tubos Eppendorf cada um com 1.000 μL de caldo Fluorocult Merck, bolores e leveduras pela técnica de espalhamento sobre toda a superfície do do meio ágar Sabouraud e de bactérias lácticas por meio de plaqueamento em profundidade do meio Agar Man Rogosa & Sharpe (MRS) (Merck, 2002).

2.6. Modelagem matemática

Foi realizado o ajuste do modelo matemático de Baranyi e Roberts realizado com os dados de crescimento de bactérias lácticas ao longo do armazenamento (45 dias a 8 ± 2 °C) na plataforma online DMFit, com pontos no shelf life de 0h, 24h, 48h, 7 dias e depois seguiu-se à cada 7 dias até findar os 45 dias.

2.6.1. Modelo de Baranyi e Roberts

Para o modelo de Baranyi e Roberts (1994) propuseram uma inclusão de uma fase de crescimento exponencial linear, $\mu(x)$ (Equação 2), e uma fase lag determinada por uma função de ajuste, $A(x)$ (Equação 3). Este modelo apresentado na Equação 4 é classificado como empírico, cinético e primário (Vasconcelos, 2017).

$$A(t) = t + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{e^{kt} - q_0}{1 + q_0}\right) \quad \text{Equação 2.}$$

$$\lambda = \frac{\ln\left(1 + \frac{1}{q_0}\right)}{k} \quad \text{Equação 3.}$$

$$Y_t = Y_0 + kAt - \ln\left(1 + \frac{e^{kA(t)} - 1}{e^{\lambda Y_{\text{máx}}} - Y_0}\right) \quad \text{Equação 4.}$$

Onde: $Y(t)$ é a quantidade de microrganismos no tempo, Y_0 é a concentração inicial de microrganismos, k é a velocidade de crescimento, $Y_{\text{máx}}$ é a concentração máxima de microrganismos, q_0 representa um parâmetro teórico que expressa o estado fisiológico inicial das células, e λ é a fase lag.

Após um período de tempo de ajuste, o modelo Baranyi e Roberts supõe, que a taxa de crescimento se torna constante e uma assíntota superior pode ser acomodada, descrevendo desta forma uma fase linear, sendo possível assim que a fase exponencial do crescimento seja representada por uma reta (Schlei et al., 2018).

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise univariada de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, usando o software Statistica versão 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Físico-Químico

Para que o produto tenha a alegação de um alimento funcional no Brasil, este precisa se adequar aos requisitos mínimos direcionados pelas legislações vigentes. De acordo com a Instrução Normativa (IN) n° 75 de 2020, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para o

consumo de fibras é de 25g, e um produto para ser considerado “fonte de fibras” precisa ter um teor mínimo de 10% do IDR, ou seja, precisa ter um teor mínimo de 2,5g de fibras por porção do produto (Brasil, 2020).

Para a utilização da alegação funcional, é importante entender qual a porção definida para o produto em estudo. No caso do iogurte, a IN 75/2020 indica que para uma porção de iogurte, deve ser considerado 200g ou 200mL (Brasil, 2020). Dessa forma, pode-se observar na Tabela 1, a analogia estudada nestes parágrafos, onde, I2, pode ser caracterizado como “potencial fonte de fibras” e I3, com “potencial aumentado em fibras”. Para que houvesse validação dessas classificações, seria necessário a realização de análises comprobatórias.

Tabela 1. Analogia entre a Instrução Normativa nº 75 de 2020 com as formulações dos iogurtes de búfala produzidos.

Classificação da IN 75/2020	% IDR	g de fibras por porção	Teor de farinhas (g) em 200g de iogurte
Fonte de Fibras	Mín. 10%	2,5	4 (Formulação I2)
Alto em fibras	Mín. 20%	5	
Aumentado em fibras	Mín. 25%	6,25	14 (Formulação I3)

Fonte: BRASIL, 2020.

A casca da manga (*mangífera* ssp.) apresenta uma variação no teor de fibras solúveis entre 16% e 28% e de fibra insolúvel valores entre 29% e 50% (LEBAKA et al., 2021). Izidoro e autores (2023) trabalharam com a manga *tommy atkins* e obtiveram 42% de presença de fibras totais na farinha da casca da manga e cerca de 18% de fibras na farinha da polpa da manga *tommy atkins*. Outros autores como Pereira et al. (2013), em relação a batata Yacon, obtiveram uma média de 42% de presença de fibras totais para a farinha da casca do yacon e 14% para a farinha da polpa. Estes estudos apresentam um teor relevante de fibras presentes na casca da manga, o que pode impactar nas características físico-química das formulações dos iogurtes.

I3 apresentou maior teor de carboidratos, diferindo significativamente ($p < 0,05$) das formulações de I1 e I2, conforme Tabela 2. Esse resultado pode-se dar devido ao teor fibras ser somado a outros carboidratos e aparecer na composição centesimal como carboidratos totais (Cruz et al., 2019).

Tabela 2. Composição centesimal e físico-química dos iogurtes de búfalas produzidos.

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteína (%)	Carboidratos totais (%)	Energia (kcal/100g)	pH	Acidez
I1	77,99 ± 0,21 ^A	0,73 ± 0,01 ^B	5,77 ± 0,06 ^B	4,33 ± 0,28 ^A	11,20 ± 0,52 ^B	113,88 ± 0,30 ^B	4,36 ± 0,01 ^{AB}	0,90 ± 0,01 ^B
I2	76,54 ± 0,09 ^B	0,79 ± 0,03 ^A	6,13 ± 0,12 ^A	4,63 ± 0,56 ^A	11,95 ± 0,65 ^B	121,20 ± 0,50 ^A	4,25 ± 0,04 ^B	0,97 ± 0,01 ^A
I3	74,85 ± 0,32 ^C	0,82 ± 0,04 ^A	4,97 ± 0,06 ^C	3,76 ± 0,05 ^B	15,63 ± 0,30 ^A	122,12 ± 0,76 ^A	4,53 ± 0,06 ^A	0,98 ± 0,01 ^A
IN 46/2007			3 a 5,9 (Integral) Mín. 6,0 (Creme)	Mín. 2,9				0,6 a 1,5

Fonte: O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparação entre formulações) não diferem significativamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A diferença significativa ($p < 0,05$) de umidade entre as formulações (Tabela 2), pode ser devido a capacidade das fibras de se ligarem às moléculas de água e interferirem nos componentes do leite, trazendo uma maior estabilidade da rede proteica, portanto, quanto maior o teor fibras, menor será o teor de umidade (Safdari et al., 2021). Em concordância ao observado na Tabela 2, onde I3 apresentou menor teor de umidade com $74,85 \pm 0,32$, e teve a maior concentração de farinha adicionada (7%), diferente de I1, que teve o maior teor de umidade com $77,99 \pm 0,21$ e não houve adição de farinhas na formulação.

Os teores de cinzas em I3 e I2 (Tabela 2), foram significativamente ($p < 0,05$) maior do que I1, tal resultado pode ser visto devido ao teor de minerais presentes nas farinhas produzidas. E por ter uma maior adição de farinhas e um mix presente, I3, teve o maior teor de presença desses minerais.

O teor de proteínas de I1 e I2 diferiu significativamente ($p < 0,05$) de I3 (Tabela 2), mas nos estudos levantados, não foi observado que farinhas teriam algum impacto neste parâmetro, bem como a diferença significativa ($p < 0,05$) no teor de lipídios dos iogurtes (Tabela 2). Essa diferença no teor de lipídios pode ocorrer devido o leite de búfala ser bem gorduroso e como a gordura tem densidade menor do que a água (sendo o leite composto por 80%) a gordura começa a decantar, o que dificulta a homogeneização em um processo de produção manual, podendo haver despadroneização nos resultados finais (Akgun et al., 2016; Cavali et al., 2020b; Cunha Neto et al., 2005; Ribeiro et al., 2019; Robert, 2021).

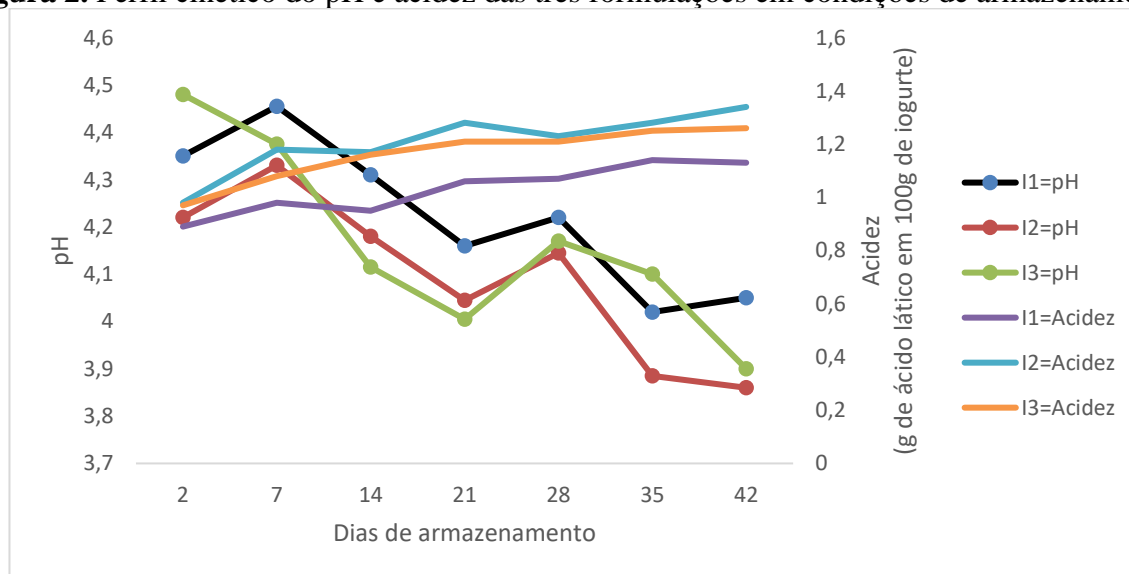
Apesar de não ter uma legislação específica para iogurte produzido a partir de leite bubalino, pode-se dizer, que os iogurtes produzidos estão de acordo com o regulamento técnico de identidade e qualidade para leites fermentados (IN 46/2007), e as formulações I1

e I2 podem ser caracterizadas como iogurtes integrais, já I3, por ter tido um teor de lipídio maior, pode ser considerado “com creme”(Brasil, 2007).

É esperado que haja aumento da acidez e diminuição do pH conforme o aumento da concentração das farinhas, pois o meio se torna mais favorável a fermentação das bactérias lácticas aumentando a produção de metabólitos ácidos. No parâmetro acidez (Tabela 1), pode-se observar o aumento, e quanto ao pH, teve essa redução quando comparamos I1 com I2. Já I3, apresentou o maior valor para o pH. De semelhante forma ocorreu com Ferreira et al. (2021), comparando o iogurte probiótico e o simbiótico integral, ao adicionar o prebiótico (frutooligossacarídeos), houve interferência com aumento nos parâmetros de pH e acidez (Cruz et al., 2019a; Ferreira et al., 2021; Ribeiro et al., 2019).

Na Figura 2, é possível observar a relação inversamente proporcional entre o pH e a acidez, devido a fermentação contínua que ocorre, mesmo sendo mais lenta sob condições de refrigeração (8°C). Durante os 42 dias de armazenamento, houve a diminuição do pH e o aumento da acidez nos iogurtes conforme o esperado.

Figura 2. Perfil cinético do pH e acidez das três formulações em condições de armazenamento.



Fonte: O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

O pH decaiu cerca de 7% na amostra I1; 9% amostra I2 e 14% na amostra I3 durante 42 dias de armazenamento. Já a acidez, houve um aumento de 26% para I1, 38% para I2 e 29% para I3 no mesmo período. Há o maior impacto da redução do pH e do aumento da acidez nas formulações I2 e I3, devido a presença das farinhas adicionadas nas formulações, proporcionando o meio mais favorável para manutenção das culturas probióticas.

Não houve sinérese durante todo o período avaliado, isso pode-se dar devido ao alto teor de gordura e proteína da matriz láctea. De acordo com Cardines (2015), a concentração de proteínas ou de gorduras no iogurte além de melhorar o valor nutricional está diretamente ligado com a formação da estrutura do gel do iogurte, alterando propriedades como textura, firmeza, viscosidade, retenção de água e separação do soro (Cardines et al., 2015).

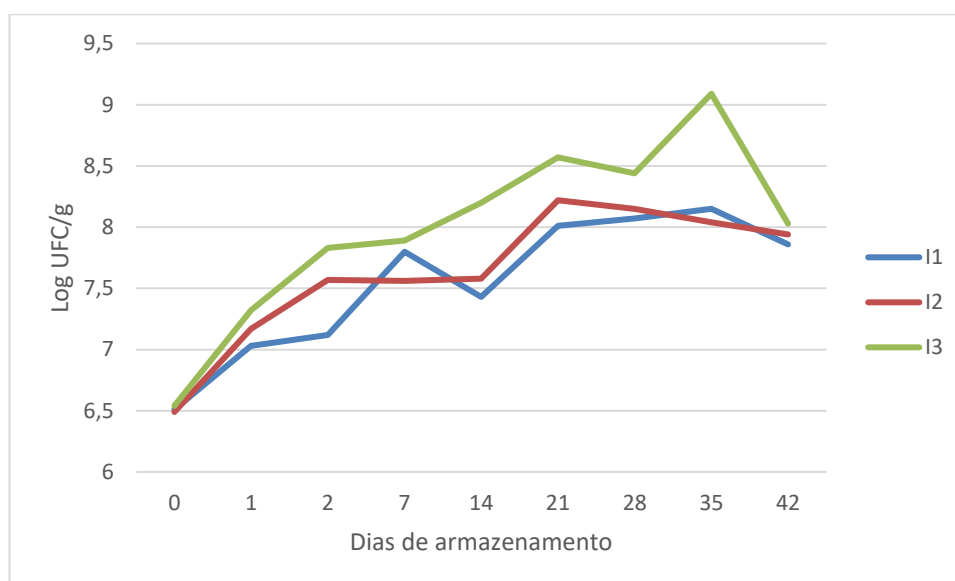
3.2. Microbiológico

O acompanhamento do crescimento das bactérias lácticas nos iogurtes foi antes da fermentação ($t=0$) e após com 24h e 48h de produção, seguindo com o acompanhamento do shelf life a cada 7 dias até o encerramento de 42 dias. Durante todo o período de avaliação do crescimento das bactérias lácticas, os produtos foram mantidos sob refrigeração, em temperatura de $6 \pm 2^{\circ}\text{C}$. I1 obteve um crescimento máximo de $1,41 \cdot 10^8$ UFC/mL, I2 com $1,65 \cdot 10^8$ UFC/mL e I3 com $1,24 \cdot 10^9$.

O regulamento técnico de identidade e qualidade para leites fermentados aborda que o iogurte deve apresentar uma contagem total de bactérias lácticas de no mínimo 10^7 UFC/g e de acordo com pesquisas realizadas por diversos autores, um produto que contenha 10^6 a 10^7 UFC/g, quando consumidos regularmente na quantidade indicada de acordo com idade e peso corporal, podem causar um efeito fisiológico positivo no organismo. Dessa forma, todas as formulações estudadas nesta pesquisa, tem potencial probiótico (Brasil, 2018; Brasil, 2007; Ribeiro et al., 2019).

A curva cinética de crescimento das bactérias lácticas é apresentada na Figura 3. Todos os iogurtes partiram na mesma concentração inicial de bactérias lácticas e mantiveram o mínimo de 10^7 UFC/g durante todo o período analisado. Destaque para a formulação I3, a qual foi adicionada o mix de farinhas (casca da manga e da batata yacon), apresentando maior estabilidade na manutenção das bactérias lácticas e chegando a obter 10^9 UFC/g aos 35 dias de acompanhamento.

Figura 3. Cinética de crescimento das bactérias lácticas durante o armazenamento.



Fonte: O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

I2 e principalmente I3, tiveram o maior teor de bactérias lácticas viáveis durante o shelf life, quando comparadas com I1, mantendo-se na faixa de $10^8/10^9$ conforme o caso. A adição do prébiótico ao meio, geram impactos positivos para produção e manutenção do probiótico, afirmação refletida nesta pesquisa (Costa et al., 2022).

Quanto ao padrão microbiológico, devido aos cuidados na produção e pasteurização aplicada com todos os ingredientes antes da adição das culturas e durante todo o processo, pode-se garantir uma segurança microbiológica nos iogurtes estudado, os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Padrão microbiológico dos iogurtes de búfala.

Amostra	Coliformes totais (NMP/mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/mL)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
I1	43	<3	<1,5.10 ¹
I2	23	<3	<1,5.10 ¹
I3	23	<3	<1,5.10 ¹
IN 46/2007	Máx. 10 ²	Máx. 10 ¹	Máx. 10 ³

Fonte: O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

3.2.1. Modelagem cinética

Foi possível obter o ajuste da curva de crescimento das bactérias lácticas nas formulações I1 e I3, ao modelo de Baranyi e Roberts. Os parâmetros matemáticos e estatísticos obtidos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros Estatísticos e Matemáticos do Modelo de Baranyi e Roberts Ajustado aos Dados Experimentais do Crescimento de Bactérias Lácticas Durante o Armazenamento.

Parâmetros estatísticos e matemáticos	Resultados	
	I1	I3
R ²	0,721	0,676
RMSE	0,298	0,447
Y0 (log UFC/g)	6,899±0,181	6,899±0,307
λ (log UFC/g)	-	-
μ _{máx.} (Dias ⁻¹)	0,0592±0,0257	0,0168±0,0889
Yf (log UFC/g)	8,0269±0,163	8,465±0,2

Onde, Y0 – Valor inicial; λ – Fase lag; μ_{máx.} – Taxa de crescimento; Yf – Valor final, são os valores do modelo ajustado

Fonte: O autor, 2023.

Legenda: I1: Iogurte sem farinha. I2: 2% de FCM. I3: 2% de FCM mais 5% da FBY.

Não foi possível obter o ajuste do modelo aos dados experimentais obtidos para I2. A taxa de crescimento (μ_{máx.}) indica se o microrganismo consegue de adaptar ou não ao meio e a velocidade que isso ocorre, dessa forma, pode-se perceber uma diferença de quase 4 vezes, na taxa de crescimento do I1 em relação a I3. Quanto ao tempo de adaptação (λ), que é caracterizado pela resposta do microrganismo na mudança de ambiente, não foi possível obter nos dados experimentais obtidos. O crescimento inicial predito para ambos os casos, foram bem semelhantes, quanto o final, o I3 foi ligeiramente maior. I1 teve um melhor ajuste ao modelo, ao observarmos os parâmetros estatísticos R² que quanto mais próximo de 1, indica melhor ajuste ao modelo e o RMSE que quanto mais próximo de 0, indica menor o desvio entre o modelo testado e os dados experimentais (Camargo, 2015; Scolforo, 2018).

Júnior et al. (2018) em sua pesquisa com adição de 2% da farinha de banana verde ao kefir e acompanhamento do efeito em bactérias lácticas, não obteve impacto no meio para o crescimento de bactérias lácticas, mas relata em outros estudos a interferência do prebiótico no meio em quantidades maiores, dessa forma, pode-se considerar que os 2% da farinha da casca da manga (composta no I2) não teve um efeito significativo para impactar na predição na cinética de crescimento, mas não descaracterizou o iogurte com potencial probiótico, uma vez que obteve contagem total de unidades formadoras de colônias por mL, na ordem de 10⁷, nos 42 dias de shelf life de acordo com a legislação vigente (Brasil, 2008).

4. CONCLUSÃO

Os iogurtes de leite de búfala produzidos, podem ser caracterizados como iogurte integral para I1 e I3 e com creme para I2. Os tratamentos I2 com adição de 2% de farinha da casca da manga e I3 com a adição do mix de farinhas (2% da casca da manga e 5% da farinha da batata yacon), apresentaram potencial simbiótico. Já para o tratamento I1, que não teve adição de farinhas, é considerado com potencial probiótico.

Foi possível ajustar o modelo de Baranyi e Roberts para os iogurtes I1 e I3, tendo um melhor ajuste aos dados experimentais o iogurte I1 de acordo com os parâmetros estatísticos R^2 e o erro quadrático médio.

5. REFERÊNCIAS

- AKGUN, A.; YAZICI, F.; GULEC, H. A. Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. *LWT*, v. 74, p. 521–527, dez. 2016.
- BRASIL. ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA RDC Nº 241, DE 26 DE JULHO DE 2018**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Brasil https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379910/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-241-de-26-de-julho-de-2018-34379900, 27 jul. 2018.
- BRASIL. ANVISA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 9 out. 2020.
- BRASIL. ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 724, DE 1º DE JULHO DE 2022**. Disponível em: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6503717/%281%29RDC_724_2022_COMP.pdf/449d2851-7585-4a64-94c0-e88fd13acbf8>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- BRASIL. MAPA. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Instrução Normativa nº46. Diário Oficial da União, 23 de outubro de 2007**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Brasil Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, 23 out. 2007.
- CAIS-SOKOLIŃSKA, D.; WALKOWIAK-TOMCZAK, D. Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 2, p. 1318–1335, fev. 2021.
- CAMARGO, A. P. R. S. **Modelagem do Crescimento de Bactérias Ácido Lácticas em Cultura Pura e Mista Sob Condições Isotérmicas e Não Isotérmicas de Cultivo**. Doutorado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- CARDINES, P. H. F. et al. **ELABORAÇÃO DE IOGURTE COM ADIÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DA SEMENTE DE MORINGA OLEÍFERA**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais...**São Paulo: Editora Edgard Blücher, fev. 2015.
- CAVALI, J.; GOMES, R.; PEREIRA, A. **Produção leiteira de búfalos**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126184/producao-leiteira-de-bufalos>>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- CRUZ, A. et al. **Microbiologia, higiene e controle de qualidade no processamento de leites e derivados**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- CUNHA NETO, O. C. et al. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 3, p. 448–453, set. 2005.
- EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020, totalizando US\$ 246 milhões**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60585117/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes>>. Acesso em: 14 jan. 2024.
- FAO. **Overview of global dairy market developments in 2020**. Roma: [s.n.].

FERREIRA, L. C. et al. Iogurte simbiótico sabor cajá (*Spondias Mombin* L.): características físico-químicas, microbiológicas e de aceitabilidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2. ed. [s.l: s.n.].

IBGE. **Ranking - Todos do Brasil por Efetivo do rebanho**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=0>. Acesso em: 14 jan. 2024.

IBGE. **Produção agropecuária**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

IZIDORO, M. et al. Nutritional and technological properties of pulp and peel flours from different mango cultivars. **Food Science and Technology**, v. 43, 2023.

KAMP, L. et al. Plant growth, tuber yield formation and costs of three different propagation methods of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 1–11, 1 jun. 2019.

LEBAKA, V. R. et al. Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Three Different Parts of Mango Fruit. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 741, 16 jan. 2021a.

LEBAKA, V. R. et al. Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Three Different Parts of Mango Fruit. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 741, 16 jan. 2021b.

MENDES-FILHO, N. E.; CARVALHO, M. P.; DE SOUZA, J. M. T. Determinação de macrocomponentes e nutrientes minerais da polpa de manga (*Mangifera indica* L.). **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 6, 23 dez. 2014.

MERCK. **Microbiological Manual**. Berlin, Germany, 2002. 407p.

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

PEREIRA, J. DE A. R. et al. Studies of chemical and enzymatic characteristics of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its flours. **Food Science and technology**, p. 75–83, mar. 2013.

PÉREZ-CHABELA, M. DE L. et al. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science and Technology**, v. 42, mar. 2022a.

PÉREZ-CHABELA, M. DE L. et al. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science and Technology**, v. 42, mar. 2022b.

RIBEIRO, A. DE S. et al. Development of symbiotic yoghurt and biological evaluation (New Zealand White Rabbits) of its functional properties. **Food Science and Technology**, v. 39, n. suppl 2, p. 418–425, dez. 2019.

RIBEIRO, J. L. **Potencial tecnológico, probiótico e antagonista da microbiota láctica de leite de búfalas**. Mestrado—Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, nov. 2019.

RODRIGUES, F. C. et al. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 3, p. 290–295, 1 mar. 2011.

SAFDARI, Y. et al. The Effect of Banana Fiber and Banana Peel Fiber on the Chemical and Rheological Properties of Symbiotic Yogurt Made from Camel Milk. **International Journal of Food Science**, v. 2021, p. 1–7, 15 dez. 2021.

SCHLEI, K. P. et al. MICROBIOLOGIA PREDITIVA: ASPECTOS GERAIS E TENDÊNCIAS. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia - ISSN: 1984-5693**, v. 10, p. 52, 6 ago. 2018.

SCOLFORO, C. Z. **Modelagem preditiva do crescimento de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella enterica* em co-cultura com *Enterococcus faecalis***. Doutorado—Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2018.

DA COSTA, G. S.; DA SILVA, M. C.; DA CRUZ, A. G. **DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS LÁCTEOS COM ADIÇÃO DE FARINHAS PREBIÓTICAS**. [s.l: s.n.].

VASCONCELOS, A. C. M. **Modelagem determinística do crescimento de *Bacillus cereus* em função do pH e temperatura**. Dissertação—Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 12 jun. 2017.

WAGNER, M. et al. Environmental and economic performance of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) cultivated for fructooligosaccharide production. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 17, 1 set. 2019.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: 2008, 2008.