



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPA DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE
CULTURA PROBIÓTICA**

THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO/ 2020**

THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES

**SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPA DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE
CULTURAS PROBIÓTICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Trindade Rocha

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO/ 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES

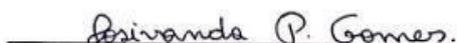
**“SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPAS DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE
CULTURAS PROBIÓTICAS.”**

APROVADO (A): 20 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA



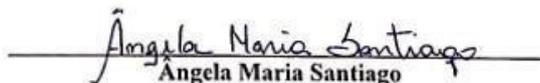
Ana Paula Trindade Rocha
Orientadora – UAEA/CTRn/UFCG



Josivanda Palmeira Gomes
Examinadora – UAEA/CTRn/UFCG



Matheus Augusto Bittencourt Pasquali
Examinador – UAEA/CTRn/UFCG



Angela Maria Santiago
Examinadora – CCT/UEPB

R636s Rodrigues, Thais Jaciane Araujo.
Secagem em leito de jorro de polpa de cajá com adição de cultura probiótica / Thais Jaciane Araujo Rodrigues. – Campina Grande, 2020.
94 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2021.
"Orientação: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Trindade Rocha".
Referências.

1. Alimento Funcional. 2. *Bifidobacterium Animalis* Ssp. 3. Lactis. 4. Número de Células Viáveis. 5. *Spondias*. I. Rocha, Ana Paula Trindade. II. Título.

CDU 634.442(043)

*“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)*

Dedico...

*A Deus por colocar em minha vida pessoas capazes de, pelo simples fato de existir,
me fazerem buscar sempre a melhor parte de mim.*

Essas pessoas: meus pais e meu marido... Essa conquista é nossa!

**Agradecer é o ato de mostrar ou manifestar gratidão, render graças, reconhecer...
E por mais essa conquista alcançada eu agradeço!**

Primeiramente a Deus, por ter me dado forças para conquistar mais uma etapa, ter me mostrado que mesmo quando olhava para os lados e me via sozinha Ele estava ali comigo e isso bastava, ter me dado sabedoria para executar um projeto com um assunto que eu não tinha domínio e ter me feito acreditar em mim mesma dia após dia... Afinal, 2018 e 2019 foram anos de muito aprendizado e crescimento pessoal, profissional e sentimental!

A meus pais, Vanda e Deilton, pela base, educação, apoio e amor que a mim foi dado desde sempre. Sem vocês nada disso estaria sendo capaz, pois sei bem o quanto abriram mão de milhões de coisas para que eu chegasse aonde cheguei. Ao meu marido, Lailson, pelo companheirismo e paciência, onde por muitas vezes mesmo sem saber me dava força e apoio após um longo dia dentro de um laboratório (onde nem sempre tudo dava certo), me fazendo inúmeras vezes acreditar mais em mim e no meu potencial. A minha família e amigas (os), por sempre dizer que sou o orgulho de todos e pelo apoio sempre que precisei. **ESSA CONQUISTA É NOSSA!**

Na vida acadêmica, Deus foi tão generoso comigo quanto na vida pessoal, colocou um anjo que posso chamar de amiga e de orientadora, de brinde: Ana Paula... A você minha eterna gratidão, por tudo e palavras não são capazes de expressar minha satisfação na confiança que me dá e os ensinamentos que me passa. Além dela, agradeço a Aline Pacheco, pois só nós duas sabemos o quanto foi importante termos uma a outra para tornar mais leve a nossa luta diária e obter o sucesso do nosso projeto, você se tornou uma amiga e parceira que quero levar para o resto da vida, e que merece todo sucesso do mundo.

Aos demais professores, técnicos e amigos, que direta ou indiretamente me ajudaram, com um reagente para concluir uma análise, um equipamento, uma dúvida tirada, uma metodologia compartilhada, um encaixe para usar o laboratório... prefiro não citar nomes para não errar pela falta, mas saibam que vocês foram fundamentais para tornar tudo mais leve e “fácil”.

“Acredite na força dos seus sonhos, Deus é justo e não colocaria em seu coração um desejo impossível de ser realizado.”

(Autor Desconhecido)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	4
3.1 Matéria-prima	4
3.2 Processamento do cajá para obtenção da polpa	4
3.3 Inoculação do micro-organismo	5
3.4 Cinética de desenvolvimento	5
3.5 Número de células viáveis	5
3.6 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica	5
3.7 Viabilidade da polpa de cajá probiótica.....	6
3.8 Obtenção da polpa de cajá probiótica em pó	6
3.9 Caracterização físico-química e química da polpa de cajá integral e probiótica líquida e em pó.....	7
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
ARTIGO 1: UTILIZAÇÃO DE POLPA DE FRUTAS PROBIÓTICAS EM PÓ COMO ALIMENTO FUNCIONAL: ASPECTOS GERAIS E PERSPECTIVAS.....	12
1. Introdução	14
2. Revisão.....	17
2.1 Aspectos gerais dos alimentos funcionais.....	17

2.2 Probióticos e suas principais características.....	18
2.3 Principais bactérias probióticas e viabilidade celular	20
2.4 Polpa de frutas probióticas em pó	21
2.5 Método de secagem em leito de jorro	22
2.6 Adjuvantes de secagem	24
3. Conclusão.....	26
4. Referências Bibliográficas	27
ARTIGO 2: VIABILIDADE DA AÇÃO PROBIÓTICA DE <i>BIFIDOBACTERIUM</i>	
<i>ANIMALIS</i> SSP. <i>LACTIS</i> B94 EM POLPA DE CAJÁ	35
1. Introdução	37
2. Material e métodos.....	39
2.1 Matéria-prima e insumos.....	39
2.2 Cinética de desenvolvimento e obtenção da polpa de cajá probiótica	39
2.3 Caracterização físico-química e química da polpa integral e probiótica	39
2.4 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica.....	40
2.5 Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento.....	40
2.6 Análise estatística.....	41
3. Resultados e discussão.....	42
3.1 Cinética de desenvolvimento de <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i> em polpa de cajá	42
3.2 Caracterização físico-química e química das polpas de cajá integral e probiótica	44
3.3 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica.....	46
3.4 Viabilidade Polpa Probiótica.....	48
4. Conclusão.....	51
5. Referência bibliográfica.....	52

**ARTIGO 3: OBTENÇÃO DE POLPA DE CAJÁ EM PÓ ADICIONADA DE
BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS SSP. *LACTIS* B94 EM LEITO DE JORRO 56**

1. Introdução	58
2. Material e Métodos	60
2.1 Matéria-prima.....	60
2.2 Inoculação do microrganismo	60
2.3 Delineamento experimental para o processo de secagem de polpa de cajá probiótica em leite de jorro	60
2.4 Variáveis dependentes.....	61
2.5 Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica e polpa de cajá probiótica em pó.....	62
2.6 Análise estatística.....	62
3. Resultados e Discussão	63
3.1 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá	63
3.2 Ensaios de secagem.....	64
3.3 Coeficientes de regressão	65
3.4 Superfícies de resposta	68
3.5 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá em pó	72
4. Conclusão.....	77
5. Referências bibliográficas.....	78

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 2: VIABILIDADE DA AÇÃO PROBIÓTICA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM POLPA DE CAJÁ

- Figura 1 – Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá e no meio controle por meio do gráfico número de células viáveis (NCV) versus tempo 42
- Figura 2 – Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá e no meio controle. a) Gráfico pH versus tempo; b) Gráfico acidez versus tempo 43
- Figura 3 – Análise do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) das polpas de cajá integral e probióticas: a. TRAP polpa integral; b. TRAP polpa probiótica; c. TAR polpa integral; d. TAR polpa probiótica.....47

ARTIGO 3: OBTENÇÃO DE POLPA DE CAJÁ EM PÓ ADICIONADA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM LEITO DE JORRO

- Figura 1 – Superfície de resposta do rendimento: a) concentração de inulina e temperatura; b) concentração de maltodextrina e temperatura; c) concentração de maltodextrina e inulina 68
- Figura 2 – Superfície de resposta do número de células viáveis: a) concentração de inulina e temperatura; b) concentração de maltodextrina e temperatura; c) concentração de maltodextrina e inulina 71

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: UTILIZAÇÃO DE POLPA DE FRUTAS PROBIÓTICAS EM PÓ COMO ALIMENTO FUNCIONAL: ASPECTOS GERAIS E PERSPECTIVAS

Tabela 1 – Estudos referentes a elaboração de polpas de frutas probióticas em pó..... 22

ARTIGO 2: VIABILIDADE DA AÇÃO PROBIÓTICA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM POLPA DE CAJÁ

Tabela 1 – Caracterização físico-química das polpas integral e probiótica de cajá 44

Tabela 2 – Resultados da caracterização durante o estudo de estabilidade da polpa probiótica de cajá e do meio controle..... 48

ARTIGO 3: OBTENÇÃO DE POLPA DE CAJÁ EM PÓ ADICIONADA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM LEITO DE JORRO

Tabela 1 – Resumo dos ensaios de secagem propostos pelo delineamento experimental 61

Tabela 2 – Caracterização da polpa de cajá probiótica 63

Tabela 3 – Resultados obtidos nos ensaios de secagem 64

Tabela 4 – Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis .. 66

Tabela 5 – Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem 73

RESUMO

Sendo as *Spondias*, espécies de alto valor nutricional, ambos os frutos se destacam devido a facilidade de acesso e a viabilidade econômica, tornando-se alvo de exploração pela indústria e pelos próprios produtores. Os alimentos, ditos funcionais, são atualmente os mais procurados pelos consumidores pela facilidade do acesso e devido à promoção de saúde oferecida pelos mesmos, onde, os probióticos se destacam devido ao amplo alcance dos mesmos no organismo humano, devendo estar presentes em uma concentração acima 10^8 UFC/ mL ou g para ser assim considerado. Com isso, unindo a polpa integral de cajá e uma cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis), o presente estudo buscou obter uma polpa de cajá probiótica em pó. A polpa de cajá integral foi previamente obtida, caracterizada e, conseqüentemente, efetuou-se a inoculação da cultura, sendo realizado um estudo cinético para conhecimento das condições ideais para desenvolvimento; em seguida, a polpa já probiótica, foi caracterizada e submetida a um teste de viabilidade por 28 dias, com o intuito de observar a permanência das células vivas presentes. A secagem foi efetuada em leito de jorro com auxílio de um delineamento experimental (DOE) 2^{3+} 3 experimentos no ponto central. Após obtenção dos ensaios, ambos foram caracterizados química e físico-quimicamente. Os resultados obtidos apresentaram um tempo de 24h, como sendo o ideal para desenvolvimento da bactéria. Já a caracterização realizada na polpa integral e na polpa probiótica apresentou valores significativamente satisfatórios, mostrando que a inoculação da cultura não desconfigurou as propriedades originais da polpa, e a viabilidade constatou que no 28º dia, as polpas mantiveram as características de produto probiótico. Realizada a secagem, as variáveis independentes influenciaram as dependentes, onde os resultados conjuntos de rendimento e número de células viáveis para os experimentos alinhados aos níveis mínimos estudados foram mais eficazes, havendo um menor gasto de energia devido a baixa temperatura e um menor gasto de suprimentos, em função da necessidade de uma concentração também baixa de maltodextrina e inulina. Na caracterização, foram mantidas as propriedades da polpa, havendo concentração de alguns nutrientes e compostos bioativos e degradação de outros. Tendo em vista a escassez de trabalhos na área explorada, o trabalho foi eficaz e observou-se que a polpa de cajá pode ser um meio promissor para o desenvolvimento da bactéria probiótica, pois manteve, mesmo após a aplicação de temperaturas consideradas fora da zona de sobrevivência da bactéria, o número de células viáveis exigidas pelas legislações, além de conservar as propriedades do cajá no produto final.

PALAVRAS-CHAVE: alimento funcional; *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; número de células viáveis; *Spondias*

ABSTRACT

Spondias are species of high nutritional value, both fruits stand out due to the ease of access and economic viability, being the target of exploration by the industry and by the users used. The so-called functional foods are currently most sought after by users for their easy access and due to the health promotion offered by them, where probiotics stand out due to their wide reach in the human body, and should be present in a measure above 10⁸ UFC / mL or g to be considered as. With this, combining a whole cashew pulp and a probiotic culture (*Bifidobacterium animalis* ssp. Lactis), the present study sought to obtain a powdered probiotic cajá pulp. A whole cajá pulp was approved, characterized and consequently affected by the inoculation of the culture, being carried out a kinetic study to know the ideal conditions for development, then a pulp already probiotic was characterized and subjected to a viability test, for 28 days, in order to observe the permanence of the living cells present. The drying was carried out in the spouted bed with the aid of an experimental design (DOE) 2³ + 3 experiments in the central point. After trial tests, both were characterized chemically and chemically. The results obtained show a time of 24 hours as being ideal for the development of bacteria, a characterization performed on the whole pulp and on the probiotic pulp that shows significantly satisfactory values, showing that a culture inoculation is not unconfigured as original pulp items, and the constant viability that 28th day as pulps maintained as characteristics of the probiotic product. Performed as dry, as independent variables influence as dependent, where joint results of yield and number of viable cells for experiment with minimum levels studied were more allowed, having a lower energy expenditure due to low temperature and a lower energy expenditure. supplies, due to a need for concentration also low maltodextrin and inulin. In the characterization, they were kept as pulp properties, with concentration of some nutrients and bioactive compounds and degradation of others. In view of the scarcity of work in the explored area, the work was effective and used, if a cashew pulp can be a promising means for the development of probiotic bacteria, it remained the same after the application of tests caused by risky areas viable bacteria or number of cells required by legislation, in addition to preserving as properties of cajá in the final product.

KEY-WORDS: functional food; *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; number of viable cells; *Spondias*

1. INTRODUÇÃO

Em virtude de sua expansão continental e localização geográfica privilegiada, o Brasil é considerado um país detentor em diversidade de espécies vegetais, sendo um fator relevante para o incentivo à pesquisa científica brasileira. Como exemplo, temos o gênero *Spondia*, da família botânica Anacardiaceae, que apresenta cerca de 18 espécies distribuídas pela América Central, Ásia e Oceania, e possuem cerca de 6 dessas espécies nativas no Nordeste brasileiro, popularmente conhecidas por: cajazeira, sirigueleira, cajaraneira, umbuzeiro, umbu-cajá, umbuguela (SANTOS et al., 2018). A *Spondia mombin* L., o cajá, é um fruto com um cultivo abrangente em quase todo Brasil: é considerado um fruto extremamente aromático, rico em carotenoides, alto teor de taninos, tornando-se, conseqüentemente, um importante antioxidante natural, sendo essas características aliadas à alta procura e comercialização do fruto (OLIVEIRA et al., 2014).

Tratando-se de um fruto com alto valor de interesse econômico e nutricional, é de total proveito para o produtor e consumidor o uso do cajá como fonte para alimentos que possam ser fisiologicamente ativos e viáveis à saúde. Alimentos que trazem consigo mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças, além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumidos como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (COSTA & ROSA, 2016). Uma possível opção, com o intuito de agregar valor ao cajá, é a associação de micro-organismos probióticos, uma vez que atualmente são poucas as pesquisas encontradas com a incorporação de polpa de fruta com micro-organismos probióticos (TRIPATHI & GIRI, 2014).

Neste contexto, observa-se que os probióticos são incorporados em produtos lácteos, como iogurtes, leites fermentados, entre outros, privando consumidos com intolerância ou níveis alterados de lactose e colesterol do consumo desses produtos. Por se tratar de produtos que estão diretamente ligados ao bom funcionamento da microbiota presente na flora intestinal, sendo a mesma um complexo sistema de comunicação no organismo, é nítida a necessidade do desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos representando uma opção de diversificação de produtos para a indústria, como alternativa aos produtos lácteos (HUGO et al., 2016; PAIM et al., 2016). Mas, para que um alimento seja considerado probiótico, recomenda-se que ele contenha no mínimo de 10^8 a 10^9 UFC/g de produto, sendo as bactérias do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, as mais amplamente utilizadas para o consumo humano (FAO, 2006; ANVISA, 2019; TRIPATHI & GIRI, 2014).

Por possuir alto teor de umidade, sendo consideradas como alimentos altamente perecíveis, as frutas e alguns produtos oriundos delas exigem métodos de conservação e processamento, com o intuito de reduzir as perdas pós-colheita, proteger contra as reações de degradação, contribuir para a concentração de nutrientes, além de possibilitar sua disponibilidade em qualquer período do ano. Entre os métodos de conservação, a secagem foi um dos primeiros utilizados pelo homem, com o intuito de prolongar a vida útil do produto, proporcionando um produto conveniente para o consumidor (JAFARI et al., 2017).

Sendo o cajá um interessante meio para veicular micro-organismos probióticos, tem-se, em contrapartida, os fatores que podem ser considerados negativos quando associados ao armazenamento com baixas temperaturas, no caso do congelamento das polpas, podendo trazer uma inviabilidade celular para as bactérias. Com isso, é nítida a necessidade de associar um método de conservação a junção da polpa de cajá com a bactérias probióticas, buscando assim uma alternativa industrial para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al., 2016; ZACCARDI et al., 2017).

Ao buscar na literatura é possível encontrar alguns estudos disponíveis envolvendo a produção de pós de frutas probióticos, utilizando a técnica de microencapsulação dos micro-organismos, protegendo as culturas de condições adversas de estocagem. No entanto, são escassas as pesquisas utilizando a desidratação em leito de jorro.

A escolha da secagem em leito jorro partiu do pressuposto que a partir desse método obtêm-se um pó com granulometria fina e uniforme, utilizando tempos de contato curtos durante o processo, além de apresentar menor inativação pelo calor em razão de utilizar temperaturas de ar de secagem baixas, elucidando o interesse à utilização dessa técnica, já que se trata de um produto com compostos termolábeis (FERREIRA et al., 2015; BROECKX et al., 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar o comportamento e viabilidade da bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis em polpa de cajá, obtida por meio de secagem.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa integral de cajá quanto aos parâmetros químicos e físico-químicos;
- Realizar a cinética de desenvolvimento buscando o ponto ótimo de crescimento da bactéria (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis);
- Caracterizar a polpa probiótica de cajá quanto aos parâmetros químicos e físico-químicos e quantificar o número de células viáveis;
- Realizar o estudo de estabilidade da polpa probiótica por 28 dias, sendo realizado acompanhamento a cada 7 dias, com análises de pH, acidez, brix e número de células viáveis;
- Avaliar por meio do delineamento experimental (DOE), obter a matriz de experimentos para estudo da influência das três variáveis de independentes (temperatura de entrada, concentração de maltodextrina e concentração de inulina) em relação às variáveis dependentes (rendimento e número de células viáveis), no processo de secagem;
- Caracterizar os 11 experimentos da polpa de cajá probiótica em pó produzido em secador leito de jorro quanto aos parâmetros químicos e físico-químicos.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O desenvolvimento experimental deste estudo foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) também pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e no Núcleo de Pesquisa em Alimentos (NUPEA) pertencente à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), ambos localizados em Campina Grande – PB.

3.1 Matéria-prima

Foram utilizados frutos de cajá em estágio de maturação maduro, provenientes do cariri paraibano, cultura comercial probiótica liofilizada de *Bifidobacterium animalis* ssp. Lactis (DELVO®PRO LAFTI B94), maltodextrina MOR-REX® 1910 da empresa Ingredion do Brasil Ltda. como adjuvante e inulina obtida na farmácia de manipulação ROVAL como encapsulante.

Como material inerte durante o processo de secagem, foram utilizadas partículas de poliestireno do tipo 849, produzido pela EDN, Camaçari-BA. Esses materiais foram caracterizados quanto ao seu diâmetro médio ($d_p = 2,891 \text{ mm}$), massa média ($m_p = 16,63 \text{ mg}$), fator de forma ($\phi = 0,86$), densidade ($\rho_p = 0,64 \text{ g/cm}^3$) e sua área superficial ($S = 157,98 \text{ cm}^2/\text{g}$) (SANTOS et al., 2015).

3.2 Processamento do cajá para obtenção da polpa

Inicialmente os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados no laboratório, para posterior higienização. Estes, foram submetidos a uma lavagem com água corrente, visando remover sujidades e materiais estranhos, sendo sanitizados, logo após, em solução de hipoclorito de sódio, a 50 ppm de cloro ativo, por 15 minutos e, posteriormente, enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Após a higienização, a obtenção da polpa de cajá foi realizada em despulpadeira horizontal de aço inoxidável (marca BONINA – modelo compacto 670). A polpa obtida foi armazenada em garrafas plásticas de polietileno e estocada em freezer vertical (marca GELOPAR), a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$, para posterior realização das análises químicas e físico-químicas.

3.3 Inoculação do micro-organismo

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com função reguladora da acidez (ANVISA, 2007), seguido de tratamento térmico à 65 °C/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*) em uma concentração de 0,1%. A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, sendo a incubação prosseguida a 35±2°C por 24 horas.

3.4 Cinética de desenvolvimento

Após incubadas, as polpas foram mantidas à 37 °C por um período de 30 horas, havendo acompanhamento a cada 3 horas com realização da contagem do número de células viáveis, segundo International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.) e das análises de pH e acidez, seguindo a metodologia da AOAC (2016). A inoculação e o acompanhamento cinético foram realizados na polpa de cajá e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%, sendo todos os experimentos realizados em ambiente asséptico.

3.5 Número de células viáveis

A contagem de micro-organismos probióticos foi realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v), de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006). O plaqueamento foi executado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L com adição de sobrecamada (De MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubadas a 35°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio, seguida da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC), que deverá estar entre 10⁸ e 10⁹ (FAO, 2006; ANVISA, 2016).

3.6 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica

O potencial antioxidante reativo total (TRAP) é uma substância *in vitro* (método não enzimático) baseado na ação de antioxidantes no decaimento de fluorescência de luminol-en-

quimioluminescência triturada gerada pela reação de luminol (o-aminoftalaloil-hidrazida) com o peróxil radicais produzidos por decomposição térmica do livre gerador de radicais AAPH (MORESCO et al., 2017). Primeiro, a Solução AAPH (concentração final de 120 mM) foi preparada, adicionando o reagente AAPH em tampão de glicina 100 mM, pH 8,6 (20 mL de volume final), seguido pela adição de luminol (4 µL, concentração final de 0,001 mM) no escuro. O sistema foi então estabilizado por 2 horas, antes da primeira leitura. Diferentes concentrações de blendas foram adicionadas, e a luminescência foi produzida pelo radical livre, então a reação foi quantificada em um contador de cintiladores líquidos (Wallac 1409, Perkin-Elmer, Boston, MA, EUA) por 2 h. O sistema mediu a quimioluminescência emitida por Termólise de AAPH sozinha. Os dados foram transformados em a área sob curva (AUC) usando o software (GraphPad software, San Diego, CA, EUA; versão 5.0), como anteriormente descrito (MORESCO et al., 2017). A reatividade total antioxidante (TAR) foi obtida na mesma experiência. Estes resultados foram calculados, como a razão da luz intensidade na ausência de amostras (I0) / intensidade luminosa, após adição de mistura.

3.7 Viabilidade da polpa de cajá probiótica

A secagem da polpa de cajá probiótica foi realizada por leito de jorro da marca LabMaq do Brasil, modelo FBD 1.0 As variáveis fixas no processo foram: vazão de ar de 2,96 L/min, pressão de ar no bico atomizador de 3,0 bar, vazão de suspensão no bico atomizador de 5,0 g/min, vazão de ar no bico de 20 L/min e peso das partículas inertes de 1000 g. As temperaturas de entrada do processo foram estudadas, conforme planejamento experimental, variando de 50 a 70 °C. O pó obtido foi previamente pesado, transferido para uma embalagem plástica metalizada, selado e armazenado.

3.8 Obtenção da polpa de cajá probiótica em pó

A secagem da polpa de cajá probiótica foi realizada por leito de jorro da marca LabMaq do Brasil, modelo FBD 1.0 As variáveis fixas no processo foram: vazão de ar de 2,96 L/min, pressão de ar no bico atomizador de 3,0 bar, vazão de suspensão no bico atomizador de 5,0 g/min, vazão de ar no bico de 20 L/min e peso das partículas inertes de 1000 g. As temperaturas de entrada do processo, foram estudadas conforme planejamento experimental, variando de 50 a 70 °C. O pó obtido foi previamente pesado, transferido para uma embalagem plástica metalizada, selado e armazenado.

3.9 Caracterização físico-química e química da polpa de cajá integral e probiótica líquida e em pó

pH: A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de leitura direta em um pHmetro previamente calibrado, segundo as normas descritas por AOAC (2016).

Acidez total titulável: A análise de acidez foi realizada conforme as normas descritas por AOAC (2016), utilizando hidróxido de sódio 0,1M como titulante e fenolftaleína 1% como indicador, sendo estabelecido como ponto de viragem a coloração rósea das amostras. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

Sólidos solúveis totais: Realizado segundo o método refratométrico, segundo as normas de AOAC (2016), expresso em °Brix.

Teor de água: Determinado pelo método analítico descrito por AOAC (2016), em estufa a 105°C por 24 horas, com resultados expressos em percentagem (%).

Sólidos totais: Realizado pelo método analítico descrito por AOAC (2016), sendo o valor resultando da diferença de 100% do teor de água, com resultados expressos em percentagem (%).

Fenólicos totais: Para a determinação do teor de fenólicos totais, foi utilizado o método descrito por Singleton & Rossi (1965), com reagente de Folin-Ciocalteau e leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 725nm. Para a obtenção da curva analítica utilizou-se uma solução padrão de ácido gálico, empregando água, seguida do mesmo tratamento para branco.

Ácido ascórbico: Determinado conforme metodologia descrita por Keller & Schwager (1977), utilizando como agente oxidante o DCPIP (2,6-dichlorophenolindophenol), com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 520nm. Para obtenção da curva analítica, utilizou-se ácido ascórbico a 0,01%, empregando água, seguida do mesmo tratamento para branco.

Açúcares redutores: A quantificação foi realizada aplicando a metodologia proposta por Miller (1959), utilizando DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico) como agente oxidante, com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 575nm. Para obtenção da curva analítica, utilizou-se glicose a 5%, empregando água, seguida do mesmo tratamento para branco.

Carotenoides: Determinado segundo metodologias descrita por Lichtenthaler (1987), utilizado acetona 80% como agente extrator do composto bioativo, com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 470, 646 e 663nm.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2019.

A.O.A.C, Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. J. J.; LEBEER, S.; KIEKENS, F. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. **International Journal of Pharmaceutics**, v.505, n.1-2, p.303 - 318, 2016.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. D. O. B. (2016). **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio.

DE MAN J. C.; ROGOSA M. SHARPE M. E. A medium for the cultivation of lactobacilli. **Journal of Applied Bacteriology**, v.23, p.130-135, 1960.

FERREIRA, A.; SOUSA, S.; LIMA, D.; COSTA, J. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.3997-4004, 2015.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations; World Health Organization (EDS.). **Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

HUGO, A. A.; BRUNO, F.; GOLOWCZYC, M. A. Whey permeate containing galacto-oligosaccharides as a medium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. **LWT - Food Science and Technology**, v.69, n.1, p.185-190, 2016.

ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive *Lactobacillus acidophilus* on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C. IDF Publications Catalogue, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration->

- of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>. Acesso em: 27 ago. 2019
- JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.311, p.59–65, 2017.
- KELLER, T.H.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, 1977.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.
- MORESCO, K. S.; SILVEIRA, A. K.; SCHNORR, C. E.; ZEIDAN-CHULIA, F.; BORTOLIN, R. C.; BITTENCOURT, L. D. S.; MINGORI, M.; HEIMFARTH, L.; RABELO, T.K.; MORRONE, M. D. S.; CARINI, J.P.; GELAIN, D.P.; BASSANI, V. L.; MOREIRA, J. C. F. Supplementation with achyrocline satureioides inflorescence extracts to pregnant and breastfeeding rats induces tissuespecific changes in enzymatic activity and lower neonatal survival. **Biomedicines**, v. 5, n. 3, p. 53, 2017.
- OLIVEIRA, G. S.; DA COSTA, J.; AFONSO, M. R.. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, 2014.
- PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.74, n.1, p.21-25, 2016.
- SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. T. Secagem da polpa de caju em secador de leite de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2, p.1875-1887, 2015.
- SANTOS, E. F.; De ARAÚJO, R. R.; De LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v.16, n.1, p.21-29, 2018.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: survival of probióticos during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v.9, n.1, p.225-241, 2014.

ZACCARDI, H.; CASTRO, J.; MÜLLER, T.; ROCHA, S.; PINTO, L. Influência da temperatura de secagem em leite de jorro de pasta de vegetais enriquecida de plasma bovino nas características do produto em pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.4, p.1731-1736, 2017.

ARTIGO 1

UTILIZAÇÃO DE POLPA DE FRUTAS PROBIÓTICAS EM PÓ COMO ALIMENTO FUNCIONAL: ASPECTOS GERAIS E PERSPECTIVAS

Resumo: O emprego de novos processos que visam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas, bem como, a preocupação com uma alimentação mais saudável, vem despertando um perfil mais inovador ao mercado de alimentos. Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos destacando os probióticos. Tradicionalmente, na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos derivados de leite: porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos não lácteos, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, intolerantes à lactose e alérgicos as proteínas do leite. O desenvolvimento de probióticos em novas matrizes vem se tornando uma opção cada vez mais atrativa para a indústria alimentícia. Logo, no presente artigo de revisão, são abordados os aspectos tecnológicos utilizados para análise da viabilidade de probióticos em polpas de frutas que, por possuírem alto teor de umidade, são altamente perecíveis, necessitando da utilização de uma técnica de desidratação, com o intuito de reduzir as perdas pós-colheita, proteger contra as reações de degradação, contribuir para a concentração de nutrientes, além de possibilitar sua disponibilidade em qualquer período do ano. Sendo assim, os aspectos gerais da secagem em leito de jorro são discutidos como possível processo de conservação da polpa de frutas enriquecidas com culturas probióticas.

Palavras-chave: viabilidade microbiana; secagem, leito de jorro.

Abstract: The use of new processes that can add value and increase the shelf life of products generated from fruits, as well as the concern with a healthier diet, has aroused a more innovative profile to the food market. Among the most diverse types of functional foods, recent studies have been developed highlighting probiotics. Traditionally in the production of probiotic foods dairy products are used, but nowadays there is an increase in the demand for non dairy products due to the growing number of vegan consumers, lactose intolerant and allergic to milk proteins. The development of probiotics in new matrices has become an increasingly attractive option for the food industry. Therefore, this review article deals with the technological aspects used to analyze the viability of probiotics in fruit pulps that, due to their high moisture content, are highly perishable, requiring the use of a dehydration technique in order to reduce postharvest losses, protect against degradation reactions, contribute to nutrient concentration, and enable

their availability at any time of the year. Thus, general aspects of spouted bed drying are discussed as a possible preservation process of fruit pulp enriched with probiotic cultures.

Keywords: microbial viability; drying, spouting bed

1. Introdução

O Brasil é um dos países de grande destaque no cenário mundial, no que diz respeito à biodiversidade: sua posição geográfica privilegiada torna possível a acessibilidade de cultivo das mais inúmeras espécies frutíferas (SANTOS et al., 2018).

O consumo de frutas apresenta elevada aceitabilidade devido suas características sensoriais de aroma e sabor característicos. Todavia, o consumo das mesmas também está associado ao alto grau de perecibilidade pós-colheita, restringindo, portanto, a sua comercialização ao natural e limitando a exploração do seu potencial econômico. Sendo assim, devido aos períodos de sazonalidade, juntamente ao fato de que desde a colheita até sua venda, verifica-se um elevado desperdício das que não apresentam atributos atrativos para o comércio. Torna-se necessário a aplicação de tecnologias que possam fornecer um melhor aproveitamento dessas matérias-primas em diferentes épocas do ano, reduzindo as perdas e disponibilizando-as para diferentes regiões e países.

Alimentos que trazem consigo mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças, além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumido como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (SILVEIRA et al., 2009).

O emprego de novos processos que possam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas, bem como a preocupação com uma alimentação mais saudável, aliada à diversidade de pesquisas na área agroindustrial, vem despertando um perfil mais inovador ao mercado de alimentos. A possível utilização da polpa de frutas pela indústria, como principal elemento de diversos gêneros alimentícios, demonstra um papel importante, principalmente no sentido de promover o desenvolvimento de alimentos funcionais que, além de suprirem as necessidades nutricionais, promovem uma vida mais saudável.

Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos destacando os probióticos, definidos como micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro (PAIM et al., 2016, KUMAR; KUMAR, 2016; CARVALHO et al., 2017, GALLINA et al., 2018; LEITE, et al. 2018). Para que um alimento seja considerado probiótico, recomenda-se que ele contenha, no mínimo, de 10^8 a 10^9 UFC/g de produto, sendo as bactérias do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* as mais amplamente utilizadas para o consumo humano (FAO, 2006; ANVISA, 2019). Mesmo com grande relevância sobre aspectos positivos à saúde, as bífidos

bactérias ainda possuem um uso reduzido, quando comparado ao das bactérias lácticas (HOLKEM et al., 2016).

Tradicionalmente, na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos lácteos. Porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos que não possuam origem animal, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, bem como intolerantes à lactose e alérgicos as proteínas do leite. A inclusão de probióticos em alimentos não lácteos vem se tornando uma opção cada vez mais atrativa para a indústria alimentícia (PERRICONE et al., 2015). Portanto, o uso desses microrganismos já vem sendo incorporados em diversos produtos, seja na forma de bebidas ou até mesmo como suplementos em cápsulas (HOLKEM et al., 2016). Para a microencapsulação de probióticos, métodos de secagem vêm sendo utilizados, como a atomização, fluidização e liofilização (DIMITRELLOU et al., 2016).

Neste contexto, observa-se que os probióticos são incorporados em produtos lácteos, como iogurtes, leites fermentados, entre outros. Por se tratar de produtos que estão diretamente ligados ao bom funcionamento da microbiota presente na flora intestinal, sendo a mesma um complexo sistema de comunicação no organismo, é nítida a necessidade do desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos representando uma opção de diversificação de produtos para a indústria, com utilização de uma nova matriz vegetal (HUGO et al., 2016; PAIM et al., 2016).

Partindo do princípio que os produtos oriundos de frutas apresentam, de maneira geral, um alto teor de água e necessitam de métodos de conservação pelo uso de frio, deve-se salientar que fatores considerados negativos (quando associados ao armazenamento com baixas temperaturas, no caso do congelamento das polpas, por exemplo) podem ocasionar a inviabilidade celular das bactérias. Com isso, é nítida a necessidade de associar novo método de conservação à inoculação da bactéria probiótica em polpas de frutas.

Dentre os processos de conservação, a secagem tem o intuito de prolongar a vida útil, proporcionando um produto de qualidade para o consumidor buscando, assim, uma alternativa industrial para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al., 2016; ZACCARDI et al., 2017).

Sendo assim, visando a obtenção e preservação de polpas de frutas probióticas em pó, a secagem por meio do secador em leito de jorro torna-se uma excelente alternativa de perfil inovador que, segundo Tontul e Topuz (2017), possibilita a manutenção e a viabilidade dos microrganismos durante a estocagem por maiores períodos de armazenamento, reduzindo as

condições adversas durante a vida de prateleira e garantindo a permanência das propriedades funcionais (HUANG et al., 2016).

Devido à importância desse assunto, atualmente para a área das ciências e suas tecnologias, neste artigo de revisão serão abordados os aspectos tecnológicos utilizados no desenvolvimento de culturas probióticas em polpas de frutas submetidas ao processo de secagem em leito de jorro, que permitem aumentar a sua viabilidade durante a fermentação, processamento e utilização nos produtos alimentícios.

2. Revisão

2.1 Aspectos gerais dos alimentos funcionais

O perfil alimentar dos brasileiros vem se alterando gradativamente, sendo caracterizado pelo consumo deficiente de nutrientes necessários para o bom funcionamento do organismo. Esses maus hábitos, estão diretamente ligados ao aumento de doenças crônicas e obesidade (REIS et al., 2016).

Para grande maioria da sociedade, o papel dos alimentos é de fundamental importância para uma boa qualidade de vida. A função inicial dos alimentos, como fonte de energia e crescimento, vem se transformando num perfil mais biológico, por meio de estudos da ação dos componentes presentes nos mesmos. Por conseguinte, é de total interesse do consumidor, produtos novos, de fácil acesso e alto valor nutritivo. Com isso, o mercado de consumo e produção alimentícia vem investindo na elaboração de "alimentos funcionais".

O uso de certos alimentos para redução do risco de doenças é considerado há milhares de anos, entretanto, somente no final do último século houve o início de uma renovação do interesse por esse assunto. Em consequência disso, surgiu um aumento do consumo de alimentos que além dos aspectos nutricionais, possuem propriedades funcionais, atribuídas a presença de substâncias fisiologicamente ativas, através de suas propriedades antioxidantes (LAHTEENMAKI, 2013).

O mercado de alimentos funcionais tem sido de grande destaque no cenário mundial, as tendências relacionadas aos mesmos vêm evoluindo e crescendo em diferentes proporções, de acordo com os países. Segundo Corbo et al. (2014), isto ocorre devido às diferenças sociodemográficas e socioculturais na percepção do consumidor e aceitação de produtos funcionais.

Os alimentos funcionais surgiram no Japão, em meados dos anos 80, referindo-se a alimentos que são capazes de apresentar benefícios fisiológicos e/ou redução de doenças, além das funções nutricionais básicas, sendo, de suma importância, a comprovação científica e clínica da sua eficácia. Estando eles, totalmente ligados ao estilo de vida, nota-se a necessidade dos alimentos funcionais englobarem fatores capazes de suprir o empobrecimento de nutrientes, podendo ser vistos como um escape para os consumidores que não possuem uma boa alimentação, seja por questões rotineiras da atualidade ou por hábitos corriqueiros (MORAES et al., 2018).

De acordo com Carvalho et al. (2017), os alimentos tidos como funcionais são comumente classificados como aqueles, que além de suprirem as funções nutritivas básicas,

quando consumidos como parte da dieta usual, podem demonstrar benefícios adicionais em uma ou mais funções do organismo, trazendo melhorias do estado de saúde e bem-estar ou diminuindo o risco de doenças.

Arruda et al. (2018) afirmam que os alimentos funcionais podem ser classificados em função do próprio alimento ou da presença de componentes bioativos que estejam presentes na sua composição, como as fibras, os fitoquímicos, vitaminas, minerais essenciais, peptídeos bioativos, os probióticos, as ervas, os ácidos graxos e ômega 3. Esses alimentos possuem potencial para promover a saúde através de mecanismos não previstos da nutrição convencional, sendo efeitos que se restringem a promoção de saúde e não a cura de doenças. Entre os alimentos funcionais, os alimentos com microrganismos probióticos são de grande importância, podendo ainda destacar os prebióticos e simbióticos.

A produção de alimentos funcionais, contendo bactérias probióticas, é uma área que vem ganhando destaque na indústria alimentícia nos últimos anos. Os consumidores estão mais conscientes da relação entre boa alimentação e saúde, e por isso, tem aumentado a procura por alimentos que, além de nutrir, proporcionem benefícios à saúde dos consumidores (MOUSAVI et al., 2011, NOSRATI et al., 2014).

2.2 Probióticos e suas principais características

Estudos afirmam que os probióticos representam um alimento funcional arquetípico definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício a saúde do consumidor, ou seja, funciona como um suplemento microbiano vivo, que afetam benéficamente a saúde e melhorando o equilíbrio microbiano intestinal (HILL et al., 2014; VANDENPLAS, 2015).

Múltiplos estudos descreveram, dentre seus benefícios para a saúde, principalmente, quando estão em condições adequadas de concentração, o controle da microbiota intestinal, onde manter o equilíbrio da mesma pode assegurar uma suplementação sistemática, resultando em fatores positivos relacionados aos efeitos antagônicos, imunológicos e a resistência a patógenos, ou seja, ocorre a proliferação de bactérias benéficas, estabilização da microbiota intestinal após o uso de antibióticos, promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes, estimulação do sistema imunológico, alívio da constipação e aumento da absorção de minerais e vitaminas, propriedades antimutagênicas e anticancerígenas. Na saúde do consumidor, os probióticos possuem uma influência benéfica diretamente ligada a microbiota intestinal (MARHAMATIZADEH et al., 2012; BORRE et al., 2014; HUGO et al., 2016; HUANG et al., 2016; CARVALHO et al., 2017).

A importância da microbiota é relacionada com um complexo sistema de comunicação no organismo, como por exemplo, o eixo microbiota-intestino-cérebro, o qual representa uma rede complexa de comunicação bidirecional entre a microbiota intestinal, o intestino e o cérebro, capaz de modular a função imune, gastrointestinal e do sistema nervoso central. Essas modulações contribuem para a manutenção da homeostase do organismo e para o neurodesenvolvimento (BORRE et al., 2014).

Na literatura, estudos comprovaram que o mecanismo de ação dos probióticos estão diretamente relacionados com a competição por nutrientes e sítios de adesão, e a produção de metabólitos antimicrobianos, sendo assim, capazes de colonizar o intestino, sintetizando os compostos que possuem influência direta na instalação e permanência de patógenos, são eles: ácidos orgânicos voláteis, bacteriocinas e peróxido de hidrogênio (MORAES et al., 2018).

Porém, para que os efeitos benéficos ocorram, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a dose mínima diária da cultura probiótica considerada terapêutica é de 10^8 a 10^9 UFC (Unidades Formadoras de Colônia), o que corresponde ao consumo de 100 g de um produto de produto que contenha 10^6 a 10^7 UFC/g ou mL (FAO, 2006; ANVISA, 2019). Contudo, para atender as especificações de um alimento probiótico, a bactéria deve ser inócua, possuir viabilidade para suportar a estocagem e transporte, tolerar o pH do suco gástrico e possuir propriedades de resistência a fagos e oxigênio (MELO et al., 2016).

Buscando satisfazer esse novo mercado, as bactérias probióticas vêm sendo incorporadas em uma grande variedade de alimentos e bebidas que fazem parte de uma dieta normal como iogurtes, queijos, sorvetes, sucos, chocolates, cereais e produtos cárneos (MENEZES et al., 2013). Desse modo, o consumidor pode desfrutar de refeições saborosas ao mesmo tempo em que promove efeitos benéficos à própria saúde (COMAN et al., 2012).

Os produtos probióticos são divididos em dois tipos: produtos probióticos lácteos como diferentes iogurte, queijo, iogurte, sorvete, fórmula infantil, bebidas com soro e sobremesas leiteiras (MOHAMMADI et al., 2012). Produtos probióticos não lácteos como grãos, doces, diferentes bebidas como suco e cerveja não alcoólica, alimentos para bebês e produtos à base de carne (SOHRABVANDI et al., 2010).

Os probióticos foram primeiramente adicionados ao iogurte, assim como aos outros produtos lácteos fermentados. No entanto, um aumento na procura por produtos probióticos não lácteos passou a existir devido aos fatores ligados à intolerância e alergia, aos componentes do leite, bem como, pessoas que não ingerem produtos de origem animal, dentre outros (PEREIRA et al., 2011; ANTUNES et al., 2013; PERRICONE et al., 2015). Desta forma, passaram-se a

desenvolver produtos probióticos de várias matrizes alimentares, incluindo frutas, vegetais, assim como suas misturas (MOHAMMAD et al., 2016; CARDOSO et al., 2015; MOUSAVI, et al., 2011).

Pesquisas desenvolvidas constam que o uso de probióticos em sucos de frutas e vegetais podem ser uma boa alternativa para grupo de pessoas com necessidades especiais, como descrito anteriormente (MOHAMMADI et al., 2012; RÖBLE et al., 2010). Os sucos de frutas melhoram amplamente a saúde e possuem uma grande quantidade de antioxidantes, vitaminas, minerais, fibras dietéticas e outras substâncias nutricionais úteis para o organismo humano (SOHRABVANDI et al., 2010; PEREIRA et al., 2011).

Microrganismos probióticos, quando empregados em alimentos com alegação de propriedade funcional, devem apresentar resistência às operações de processamento e viabilidade durante o período de armazenamento do produto, de acordo com Akin et al., (2007), o que justifica a utilização de um processo de secagem que possibilita essas condições.

2.3 Principais bactérias probióticas e viabilidade celular

Os microrganismos classificados como probióticos, segundo a ANVISA (2019), são: *Lactobacillus acidophilus*; *Lactobacillus casei shirota*; *Lactobacillus casei* spp. *rhamnosus*; *Lactobacillus casei* spp. *defensis*; *Lactobacillus paracasei*; *Lactococcus lactis*; *Bifidobacterium bifidum*; *Bifidobacterium animalis* (incluindo a spp. *B. lactis*); *Bifidobacterium longum* e *Enterococcus faecium*.

Contudo, as bactérias mais amplamente utilizadas em alimentos probióticos são pertencentes aos gêneros *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*: ambas fazem parte do organismo humano e são consideradas desejáveis por possuírem propriedades funcionais, quando utilizadas isoladamente ou em conjunto, além de haver a disponibilidade comercial, facilitando, conseqüentemente, o acesso as mesmas (WITSCHINSKI et al., 2018).

De acordo com Silva (2016), na indústria, para um desenvolvimento com viabilidade celular, deve-se atender a parâmetros que melhorem a sobrevivência dessas bactérias probióticas, tais como: faixas de pH e temperatura adequadas, embalagens com barreira de oxigênio ou atmosfera modificada, adição de ingredientes antioxidantes como glucose oxidase, cisteína ou ácido ascórbico, além da função protetora exercida pela própria matriz alimentícia

Embora essas culturas probióticas possam apresentar grande variabilidade morfológica, em relação às condições de crescimento, quantidade de metabólitos e respostas aos nutrientes, as bifidobactérias são de interesse no viés da pesquisa, tendo em vista a dificuldade de encontrar informações sobre as variações das suas especificações de crescimento. Além disso, as

bifidobactérias (assim como os lactobacilos) podem trazer diversos benefícios no controle de infecções intestinais, no tratamento relacionado à intolerância a lactose, inativação de compostos tóxicos e no alívio de sintomas gastrointestinais em mulheres com síndrome pré-menstrual (SILVA, 2016).

Tratando-se do armazenamento a baixas temperaturas, quando associado a produtos com uso dessas bactérias (como por exemplo, no congelamento de polpas de frutas probióticas), observa-se um fator considerado negativo em virtude dos possíveis danos que a temperatura pode oferecer aos microrganismos probióticos, ocasionando uma inviabilidade celular para as bactérias (YAHIA, 2010; BROECKX et al., 2016).

Com isso, é nítida a necessidade de associar um método de conservação à junção da polpa de frutas com cultura probiótica, buscando assim uma alternativa para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al., 2016; ZACCARDI et al., 2017).

2.4 Polpa de frutas probióticas em pó

O desenvolvimento de tecnologias acessíveis para produção de pós de frutas com características probióticas surge como alternativa de melhorar o aproveitamento da matéria-prima oriunda dessas espécies, com possibilidades de aumento de renda em toda a cadeia produtiva do segmento junto à agroindústria regional, ao disponibilizar um novo produto no segmento de frutas desidratadas com alegação funcional.

A indústria de alimentos em pó tem apresentado crescimento devido às vantagens que a utilização e manejo dos materiais oferecem, principalmente, no que diz respeito ao seu emprego como matéria-prima ou aditivo, à facilidade de conservação em longo prazo e ao baixo custo com transporte e armazenamento (SOUZA, 2009).

Na literatura estão disponíveis alguns estudos para produção de frutas probióticas em pó com uso de diferentes microrganismos e processos de secagem. Na Tabela 1 estão inseridos alguns trabalhos que foram desenvolvidos visando a obtenção de pós probióticos à base de frutas, acompanhada do método de secagem que foi utilizado e da cultura probiótica. Algumas pesquisas conciliam os probióticos e os prebióticos.

Silva et al. (2015) salientam que um dos fatores que apresenta grande relevância na qualidade de pós de frutas é a atividade de água, devido ao fato deste parâmetro ser de fundamental importância para a conservação e armazenamento de um produto, em razão de influenciar diretamente nas características de sua composição e na sua estabilidade.

Tabela 1 - Estudos referentes a elaboração de polpas de frutas probióticas em pó.

Referência	Fruta	Método de secagem	Micro-organismo
PAIM et al. (2016)	Jussara	Spray drying	<i>Bifidobacterium spp. Lactis</i>
BARBOSA et al. (2015)	Laranja	Spray drying	<i>Lactobacillus plantarum</i> e <i>Pediococcus acidilactici</i> *
ANEKELLA; ORSAT (2013)	Framboesa	Spray drying	<i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
LIMA (2013)	Banana	Liofilização	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
PEREIRA et al. (2011)	Caju	Spray drying	<i>Lactobacillus casei</i>
ALMEIDA (2012)	Abacaxi	Spray drying	<i>Lactobacillus casei</i>
ROCHA (2013)	Tangerina	Leito de jorro	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> *
MESTRY et al. (2011)	Cenoura com melancia	Spray drying	<i>Lactobacillus acidophilus</i>

*Prebióticos.

De acordo com Mestry et al. (2011), o pó de suco fermentado é altamente desejável porque o produto seco potencialmente tem vida de prateleira mais longa e menor custo de transporte. Além disso, os pós probióticos de suco de frutas e vegetais podem ser usados em bebidas probióticas, sorvetes probióticos, xaropes, sopas preparadas, dentre outros.

Mediante explanação pode ser observado que a existência de trabalhos utilizando o método de secagem em leito de jorro são escassos. Todavia, as técnicas desse método têm evoluído consideravelmente, ocupando importante lugar no processamento de alimentos substituindo, inclusive, o método de “spray drying”, em alguns casos.

2.5 Método de secagem em leito de jorro

A secagem é um dos métodos de conservação mais empregado atualmente para aumentar a qualidade de alimentos líquidos e pastosos, como polpa de frutas, tendo como principal intuito a obtenção de um produto em pó com elevado valor agregado.

Entre os métodos de secagem que surgiram, a técnica do leito de jorro foi desenvolvida, em 1974, pelos pesquisadores canadenses Mathur e Gislher, para a secagem de grãos. Nos anos seguintes, diversas pesquisas foram realizadas com o equipamento para uma variedade de materiais, ampliando o conhecimento e a aplicação dessa técnica em todo mundo (MARTHUR & EPSTEIN, 1974; EPSTEIN & GRACE, 2011).

No Brasil, a secagem de frutas tropicais utilizando os secadores de leito de jorro tem sido muito estudada, devido à excelente qualidade dos produtos em pó que estão sendo obtidos (ROCHA et al., 2011).

A secagem por leito de jorro é considerada como um tipo de secagem de baixo custo e capaz de produzir produtos com qualidade semelhante aos obtidos por outros métodos tradicionais de secagem. A secagem de pastas e suspensões em leito de jorro tem se mostrado uma alternativa à secagem em “spray drying”. Uma das principais vantagens da secagem por leito de jorro é o fato de se poder trabalhar a baixas temperaturas, quando comparadas com outras técnicas de secagem (FUJITA et al., 2013). Essas temperaturas podem contribuir para a sobrevivência do microrganismo probiótico durante e após a secagem, já que as altas temperaturas utilizadas durante a tradicional secagem por “spray drying” é a principal causa da perda de viabilidade de culturas probióticas (GOLOWCZYC et al., 2011).

Dessa forma, a secagem em leito de jorro é vista como um processo que promove a evaporação da água presente no alimento, conservando o teor de vitaminas e nutrientes do mesmo, produzindo assim um pó com estabilidade e preservação das características organolépticas do produto *in natura* (PONTES JÚNIOR et al., 2015).

Diversos estudos têm evidenciado que a utilização do secador tipo leito de jorro difunde-se das demais devido as suas principais características, sendo estas: capacidade de proporcionar excelente grau de mistura e eficiente contato entre o fluido e o material sólido, alta taxa de circulação de partículas inertes, tudo em tempos de contato curtos contribuindo, desta maneira, para a qualidade do produto (MELO et al., 2010). De acordo com Rocha et al. (2008), a secagem utilizando o leito de jorro permite que se obtenha um pó com granulometria fina e uniforme.

Na forma original e convencional, o leito de jorro é constituído basicamente por uma coluna cilíndrica e uma base cônica, onde se localiza a entrada do fluido que irá escoar pelo material particulado, na maioria das vezes o ar. O jorro é formado quando a vazão de ar é suficiente para provocar o movimento ascendente das partículas acima do leito, podendo ser observado por regiões: região central ou canal de jorro, caracterizada pelo movimento ascendente das partículas; região da fonte, denotada como a região acima da superfície do leito; região anular, que apresenta comportamento semelhante a um leito deslizante. O movimento completo realizado é estabelecido como um movimento cíclico e sistemático, capaz de proporcionar uma mistura eficaz do material particulado e um elevado grau de contato entre as fases fluido e sólido (SOUZA, 2017).

Para garantir total eficiência do processo, deve-se manter valores altos de coeficientes de transferência de calor e massa, ampla área de contato, fornecimento elevado de calor pelo

gás de secagem, temperatura invariável ao longo da câmara de secagem, injeção de suspensões concentradas para diminuir a quantidade de água a ser evaporada e emprego de ar com temperaturas elevadas na entrada (MACHADO et al., 2015).

No entanto, materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular, como as polpas de frutas, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração e com problemas de fluidez. Contudo, este problema pode ser evitado ou, pelo menos, minimizado com a adição dos adjuvantes de secagem, que são carboidratos de alto peso molecular, como as maltodextrinas que reduzem a higroscopicidade dos pós e facilitam o processo de secagem (BHANDARI & HOWES, 2005).

2.6 Adjuvantes de secagem

A problemática de aglomeração devido a higroscopicidade nas polpas de frutas em pó resulta dos açúcares de baixo peso molecular, que possuem baixa temperatura de transição vítrea, tornando-se gomosos quando entram em contato com temperaturas elevadas. Para solução desse problema, é necessário o uso de carboidratos de alto peso molecular que contém alta temperatura de transição vítrea e, pode assim, reduzir a higroscopicidade dos pós, facilitando o processo de secagem (OLIVEIRA, 2008).

De acordo com Goula e Adamopoulos (2010), comumente são utilizados como aditivos de secagem substâncias inertes, em geral de alto peso molecular, como proteínas e maltodextrina com diferentes dextroses equivalentes, sendo esses agentes capazes de estabilizar a temperatura de transição vítrea e, conseqüentemente, evitar problemas como a aglomeração, a pegajosidade e o colapso.

Diversos produtos, além de amidos e dextrinas, podem ser utilizados como adjuntos de secagem de polpas de frutas por atomização. Entre os aditivos, podemos citar: amido, dextrinas, açúcar, xarope de milho, celuloses, goma arábica, alginato de sódio, carragena, monoglicérides e diglicérides, óleos e gorduras hidrogenadas, poliésteres naturais, polímeros sintéticos, glúten, caseína, gelatina, albumina e quitosana. A maltodextrina é um dos aditivos mais utilizados, pois além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evita a aglomeração das partículas, possui efeito antioxidante e retém os voláteis, na faixa de 65 a 80%. Já os frutanos, como inulina e oligofrutose, não são habitualmente usados, mas são reconhecidos como uma classe de carboidratos que, depois do amido, são os polissacarídeos não estruturais de maior ocorrência entre as plantas, possuindo alto teor de polimerização (OLIVEIRA et al., 2006; PAIM et al., 2016).

Com base na diversificação dos adjuvantes de secagem, é importante evidenciar que a escolha de qual adjuvante usar está diretamente relacionado com a sua composição, pois essas características constituem suas propriedades funcionais e de como ele pode ser utilizado para melhorar o desempenho durante os processos de secagem, permitindo um controle sofisticado de certas propriedades do produto.

3. Conclusão

Conclui-se que diversos estudos têm demonstrado, que a utilização de polpa de frutas na elaboração de produtos probióticos em pó é viável, como fonte de nutrientes para o desenvolvimento e manutenção de células probióticas numa nova matriz de origem vegetal, em substituição de produtos oriundos de leite.

A utilização da técnica de secagem em leito de jorro, torna-se uma alternativa atrativa quando estima-se um produto que conserve suas principais características sensoriais e nutricionais, garantindo a obtenção de um alimento funcional com granulometria uniforme, de fácil transporte e maior tempo de armazenamento.

4. Referências Bibliográficas

AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, v. 104, p. 93-99, 2007.

ALMEIDA, F. D. L. **Desidratação de suco de abacaxi probiótico por spray dryer**. 2012. 70 f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2012.

ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.17-24, 2013.

ANTUNES, A. E. C., LISERRE, A. M., COELHO, A. L. A., MENEZES, C. R. Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. **Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 125–131, 2013.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**, 2019.

ARRUDA, E. F.; OLIVEIRA, A.; DE OLIVEIRA, A. D. Avaliação de sorvete tipo iogurte à base de soja com a adição de micro-organismos probióticos. **Episteme Transversallis**, v.9, n.2, 2018.

BARBOSA, J.; BORGES, S.; AMORIM, M.; PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A.; PINTADO, M. E.; TEIXEIRA, P. Comparison of spray drying, freeze drying and convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder. **Journal of Functional Foods**, v.17, p. 340-351, 2015.

BHANDARI, B. R.; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics. **Drying Technology**, v. 23, n. 4, p. 781-797, 2005.

BORRE, Y. E.; O'KEEFFE, G. W.; CLARKE, G.; STANTON, C.; DINAN, T. G.; CRYAN, J. F. Microbiota and neurodevelopmental windows: implications for brain disorders. **Trends in molecular medicine**, v. 20, n 9, p. 509-518, 2014

- BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. J. J.; LEBEER, S.; KIEKENS, F. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel probiotics. **International Journal of Pharmaceutics**, v.505, n.1-2, p.303 - 318, 2016.
- CARDOSO, B. V. S.; FREIRE, J. A. P.; OLIVEIRA, G. A. L.; SOUSA, I. G. M.; FREITAS, R. M.; NUNES, L. C. C. Prospecção tecnológica e científica de alimentos probióticos funcionais na forma de barra de cereais. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v.5, n.3, p.2273-2283, 2015.
- CARVALHO, F. L. O.; UYEDA, M.; DEL BUONOM, H. C.; GONZAGA, M. F. N. Probióticos e Prebióticos: benefícios acerca da literatura. **Revista de Saúde UniAGES**, v.1, n.1, p.58-87, 2017.
- COMAN, M. M.; CECCHINI, C.; VERDENELLI, M. C.; SILVI, S.; ORPIANESI, C.; CRESCI, A. Functional foods as carriers for SYN BIO®, a probiotic bacteria combination. **International Journal of Food Microbiology**, v. 157, p. 346–352, 2012.
- CORBO, M. R.; BEVILACQUA, A.; PETRUZZI, L.; CASANOVA, P. F.; SINIGAGLIA, M. Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. **Wiley Online Library**, v.13, n.6, p.1125-1251, 2014.
- CRONIN, M.; VENTURA, M.; FITZGERALD, G. F.; SINDEREN, D. V. Progress in genomics, metabolism and biotechnology of bifidobacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 149, n. 1, p. 4-18, 2011.
- DIMITRELLOU, D.; KANDYLIS, P.; PETROVIĆ, T.; DIMITRIJEVIĆ-BRANKOVIĆ, S.; LEVIĆ, S.; NEDOVIĆ, V.; KOURKOUTAS, Y. Survival of spray dried microencapsulated *Lactobacillus casei* ATCC 393 in simulated gastrointestinal conditions and fermented milk. **LWT-Food Science and Technology**, v. 71, p.169-174, 2016.
- EPSTEIN, N.; GRACE, J. R. Introduction. **Spouted and Spout-Fluid Beds: Fundamentals and Applications**. New York: Cambridge University press. 2011. p.1-14.
- FERREIRA, A.; SOUSA, S.; LIMA, D.; COSTA, J. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.3997-4004, 2015.
- FERREIRA, C. L. L. F. **Prebióticos e probióticos: Atualização e prospecção**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2012.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations; World Health Organization (EDS.). **Probiotics in food: Health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; De MELO FRANCO, B. D. G.; GENOVESE, M. I. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 495-500, 2013.

GALLINA, D. A.; ORMENESE, R. C. S. C.; GARCIA, A. O. Iogurte probiótico com polpa de frutas vermelhas: caracterização físico química e microbiológica, aceitabilidade sensorial e viabilidade dos probióticos. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 4, p. 196-208, 2018.

GOLOWCZYC, M. A.; SILVA, J.; TEIXEIRA, P.; DE ANTONI, G. L.; ABRAHAM, A. G. Cellular injuries of spray-dried *Lactobacillus spp.* isolated from kefir and their impact on probiotic properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 3, p. 556– 560, 2011.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.**, v. 11, n. 2, p. 342–351, 2010.

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

HOLKEM, A. T.; RADDATZ, G. C.; NUNES, G. L.; CICHOSKI, A. J.; JACOB-LOPES, E.; GROSSO, C. R. F.; MENEZES, C. R. de. Development and characterization of alginate microcapsules containing *Bifidobacterium* BB-12 produced by emulsification/internal gelation followed by freeze drying. **LWT-Food Science and Technology**, v. 71, p. 302-308, 2016.

HUANG, S.; CAUTY, C.; DOLIVET, A.; LE LOIR, Y.; CHEN, X. D.; SCHUCK, P.; JEANTET, R. Double use of highly concentrated sweet whey to improve the biomass

production and viability of spray-dried probiotic bacteria. **Journal of Functional Foods**, v. 23, p. 453-463, 2016.

HUGO, A. A.; BRUNO, F.; GOLOWCZYC, M. A. Whey permeate containing galacto-oligosaccharides as a medium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. **LWT-food Science and Technology**, v. 69, p. 185-190, 2016.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.311, p.59–65, 2017.

KUMAR, A.; KUMAR, D. Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 667-675, 2016.

LAHTEENMAKI, L. Claiming health in food products. **Food Quality and Preferences**, v. 27, n. 2, p. 196-201, 2013.

LEITE, S. T.; ROBERTO, C. D.; SILVA, P. I.; CARVALHO, R. V. de. Polpa de juçara: fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, p. 16-23, 2018.

LIMA, D. C. N. **Suco de banana em pó probiótico**. 2013, 82f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MACHADO, I., FERREIRA, A. D. S., MACHADO, A., DELMIRO, T., & de MEDEIROS, M. D. F. Secagem em leito de jorro da polpa de graviola com adição de leite. Efeito das variáveis de operação sobre a taxa de produção e umidade do pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.5902-5909, 2015.

MARHAMATIZADEH, M. H.; REZAZADEH, S.; KAZEMEINI, F.; KAZEMI, M. R. The study of probiotic juice product conditions supplemented by culture of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v.11, n. 3, p. 287-295, 2012.

MATHUR, K. B., EPSTEIN, N. Spouted beds. New York: Academic Press., 1974.

- MELO, K. S.; NASCIMENTO, M. A.; GOMES, W. C.; CABRAL, S. B.; ROCHA, A. P. T. Fluidodinâmica de leite de jorro com leite de cabra e polpa de cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p. 61- 67, 2010.
- MELO, T. A.; RIBEIRO-ALVES, M. A.; LAVINAS, F. C.; DE ALMEIDA RODRIGUES, I. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v.10, n.1, 2016.
- MENEZESI, C. R. De; BARINI, J. S.; CHICOSKII, A. J.; ZEPKAI, L. Q.; JACOB-LOPESI, E.; FRIESI, L. L. M.; TERRAI, N. N. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. **Ciência Rural**, v. 43, n.7, p.1309-1316, 2013.
- MESTRY, A. P.; MUJUMDAR, A. S.; THORAT, B. N. Optimization of spray drying of an innovative functional food: Fermented mixed juice of carrot and watermelon. **Drying Technology**, v. 29, n. 10, p. 1121–1131, 2011.
- MOHAMMAD M. Z.; MAHNAZ, H.; SHILA B. Production of Probiotic Fermented Mixture of Carrot, Beet and Apple Juices. **Journal of Paramedical Sciences**, v. 7, n. 3, 2016.
- MOHAMMADI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks. **Engineering in Life Sciences**, v.1, n. 4, p. 399-409, 2012.
- MORAES, M. S., OLIVEIRA, L. P. S., FURTADO, C. C., & GONZALEZ, F. G. Efeitos funcionais dos probióticos com ênfase na atuação do kefir no tratamento da disbiose intestinal. **UNILUS Ensino e Pesquisa**, v.14, n.37, p.144-156, 2018.
- MOUSAVI, Z. E.; MOUSAVI, S. M; RAZAVI, S. H; EMAM-DJOMEH Z.; KIANI, H. Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27 p.123–128, 2011.
- NOSRATI, R.; HASHEMIRAVAN M.; TALEBI M. Fermentation of vegetable juice by probiotic bacteria. **International Journal of Biosciences**, v. 4, n. 3, p. 171-180, 2014.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. De; QUEIROZ, A. J. De M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, p.25-33, 2006.

OLIVEIRA, M. A. Avaliação da influência de adjuvantes de secagem sobre as propriedades de suco de caju atomizado. 2008, 69 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2008.

PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.74, n.1, p.21-25, 2016.

PEREIRA, A. L. F.; MACIEL, T. C.; RODRIGUES, S. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1276–1283, 2011.

PERRICONE, M.; BEVILACQUA, A.; ALTIERI, C.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Challenges for the production of probiotic fruit juices. **Beverages**, v. 1, n. 2, p. 95–103, 2015.

PONTES JÚNIOR, S. M.; DANTAS, S. C. M.; DELMIRO, T. M.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem de polpas de frutas em leito de jorro. Efeitos da adição de leites vegetal e animal e da proteína isolada de leite no desempenho do processo e qualidade do produto em pó produzido. **Anais Unicamp-SP**, p. 2069-2074, 2015.

REIS, A. R. R.; SORES, J. M. D.; SOUZA, A. G.; MESSIAS, C. M. B. O. Conhecendo os benefícios dos alimentos: alimentos funcionais. **Extramuros – Revista de extensão da UNIVASF**, v.4, n.2, 2016.

RÖBLE, C.; AUTY, M. A. E.; BRUNTON, N.; GORMLEY, R. T.; BUTLER, F. Evaluation of fresh-cut apple slices enriched with probiotic bacteria. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 203–209, 2010.

ROCHA, A. P. T.; ALSINA, O. L. S.; FLÁVIO, V. S. S.; SILVA, F. L. H Da. Cinética de produção de levedura seca em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.81–86, 2008.

ROCHA, S. A. S. Obtenção de suco em pó prebiótico de tangerina através de secagem em leito de jorro. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROCHA, S. C. S.; SOUZA, J. S.; ALSINA, O. L. S.; MEDEIROS, M. F. D. Drying of Tropical Fruit Pulp: Spouted Bed Process Optimization as a Function of Pulp Composition. **Drying Technology**. v.29, n.13, p.1587–1599, 2011.

SANTOS, E. F.; DE ARAÚJO, R. R.; DE LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v.16, n.1, p.21-29, 2018.

SILVA, R. N.; FIGUEIRÊDO, R. D.; QUEIROZ, A. D. M.; FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 30, n. 1, p. 33-36, 2015.

SILVA, S. F. **Avaliação de sistemas de embalagem na estabilidade do queijo Minas Frescal probiótico e na viabilidade da *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis***. 2016, 107 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2016.

SILVEIRA, T. F. V.; VIANNA, C. M. M.; MOSEGUI, G. B. G. Brazilian legislation for functional foods and the interface with the legislation for other food and medicine classes: contradictions and omissions. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v.19, p.1189-1202, 2009.

SOHRABVANDI, S.; RAZAVI S.H.; MOUSAVI S.M.; MORTAZAVIAN A. M. Viability of probiotic bacteria in low alcohol- and non-alcoholic beer during refrigerated storage. **The Philippine Agricultural Scientist**, v. 93, n.1, p. 24-28, 2010.

SOUZA, J.S. **Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leite de jorro**. 2009. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUZA, R. C. Secagem de materiais pastosos e granulares no leite de jorro mecânico e convencional. 2017, 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2017.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 63, p. 91-10, 2017.

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

VANDENPLAS, YVAN; HUYS, GEERT; DAUBE, GEORGES. Probióticos: informações atualizadas. **Jornal de Pediatria**, v. 91, n. 1, p. 6-21, 2015.

WATANABE, F. M. F. **Estudo da viabilidade de *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* em suco de yacon**. 2013, 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2013.

WITSCHINSKI, F.; DEMARTINI, D.; KILIAN, J.; DALLAGO, R. M.; ROSA, C. D.; CANSIAN, R. L.; STEFFENS, J. Development and characterization of light yoghurt elaborated with *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb-12 and fructooligosaccharides. **Ciência Rural**, v.48, n.3, 2018.

YAHIA, E. M. The Contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In: ROSA, L. A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZ-AGUILARA; G.A. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. **Hoboken: Wiley-Blackwell**, p. 3-51, 2010.

ZACCARDI, H., CASTRO, J., MÜLLER, T., ROCHA, S., PINTO, L. Influência da temperatura de secagem em leite de jorro de pasta de vegetais enriquecida de plasma bovino nas características do produto em pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.4, p.1731-1736, 2017.

ARTIGO 2

VIABILIDADE DA AÇÃO PROBIÓTICA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM POLPA DE CAJÁ

Resumo: Por se tratar de um fruto com valor nutricional elevado, o cajá é uma fonte acessível de vitaminas e antioxidantes primordiais na dieta humana. Com isso, neste trabalho, a elaboração da polpa de cajá probiótica com a cultura *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, foi estudada em termos científicos e tecnológicos. Primeiramente, realizou-se o estudo cinético de desenvolvimento da cultura, determinando as condições ideais para seu crescimento. Em seguida, foi estudada a estabilidade do produto final obtido, observando se após 28 dias de acompanhamento as características da polpa probiótica apresentariam comportamento discrepante, sendo ambos os estudos realizados na polpa de cajá probiótica e no meio controle composto por caldo MRS e cisteína. Foram realizadas as análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água, sólidos totais, teor de fenólicos, carboidratos redutores, ácido ascórbico e carotenoides totais nas polpas integral e probiótica. Na cinética de desenvolvimento constatou-se que a fase estacionária ocorreu em 24 horas, sendo esse o tempo ideal para obtenção da polpa probiótica. As características físico-químicas e químicas da polpa integral e probiótica não apresentaram valores discrepantes, podendo ser um aspecto positivo, pois não foram observadas alterações elevadas após inoculação da bactéria. A viabilidade realizada por meio do acompanhamento durante 28 dias, demonstrou a estabilidade e conservação dos atributos probióticos do produto final, principalmente em relação ao número de células viáveis com valores entre de 10^8 e 10^9 UFC/g, apresentando linhagem semelhante ao meio controle, cujo comportamento demonstra as condições ideais para o desenvolvimento da cultura: com isso conclui-se que a polpa de cajá pode ser considerada um meio propício ao desenvolvimento da bactéria.

Palavras-chave: alimento funcional; cinética de desenvolvimento; estudo de estabilidade

Abstract

Being a fruit with high nutritional value, cajá is an accessible source of vitamins and antioxidants primordial in the human diet. Thus, in this work, the elaboration of probiotic cajá pulp with the culture *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, has been studied in scientific and technological terms. Firstly, the kinetic study of culture development was carried out, determining the ideal conditions for its growth. Then, the stability of the obtained final product

was studied, observing if after 28 days of follow-up the characteristics of the probiotic pulp would present discrepant behavior, both studies being carried out in the probiotic cajá pulp and in the control medium composed by MRS broth and cysteine. Analyzes of pH, acidity, total soluble solids, water content, total solids, phenolic content, reducing carbohydrates, ascorbic acid and total carotenoids in the integral and probiotic pulps were performed. In the development kinetics it was found that the stationary phase occurred in 24 hours, which is the ideal time to obtain the probiotic pulp. The physicochemical and chemical characteristics of the whole and probiotic pulp showed no discrepant values and may be a positive aspect, since no high changes were observed after bacterial inoculation.. The viability of the 28-day follow-up demonstrated the stability and conservation of the probiotic attributes of the final product, especially in relation to the number of viable cells with values above 10^9 , presenting similar control line whose behavior demonstrates the ideal conditions for the development of the crop, it can be concluded that the cajá pulp can be considered a favorable medium for the development of the bacteria.

Keywords: functional food; development kinetics; stability study

1. Introdução

Os frutos de cajá (*Spondias mombin* L.), pertencentes a família Anacardiaceae e ao gênero *Spondia*, possuem características marcantes com apelo funcional bastante significativo, sendo fonte de carotenoides, vitamina A e vitamina C, oriundo de um aroma facilmente perceptível, sabor agridoce e coloração intensa. Devido seus atributos favoráveis, acaba se tornando um fruto com grande aceitabilidade em diversos produtos (CARVALHO, CHAVES & ALVES, 2017; JESUS et al., 2019). Referindo-se a uma iguaria de conhecimento abrangente, é de total interesse da indústria alimentícia agregar valor nutricional e funcional, sem perder suas características originais, buscando ampliar e aprofundar os estudos voltados ao cajá.

Frutos com alto valor de interesse econômico e nutricional podem se tornar uma fonte para alimentos fisiologicamente ativos e viáveis a saúde, sendo encarregados de atuar nos mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças. Além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumido como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (FIGUEIREDO et al., 2019; FREITAS et al., 2017).

Uma possível opção, com o intuito de agregar valor ao cajá, é a associação de microorganismos probióticos, uma vez que atualmente são poucas as pesquisas encontradas com a incorporação de polpa de fruta com adição de culturas probióticas (TRIPATHI & GIRI, 2014). Bactérias probióticas são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades suficientes são afáveis, conferindo benefícios à saúde humana devido seu elevado potencial no tratamento de diversas doenças. Na maioria das vezes são encontradas para consumo em culturas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (MERENSTEIN et al., 2015; WITSCHINSKI et al., 2018).

Diversos fatores podem afetar a viabilidade de bactérias probióticas em alimentos, incluindo as cepas probióticas usadas, pH, presença de oxigênio dissolvido, concentração de metabólitos, tais como: ácidos lático e acéticos, capacidade tampão média, temperatura de armazenamento, natureza dos ingredientes adicionados e as matrizes alimentares. Segundo Charteris et al. (1998), o consumo adequado dos microrganismos probióticos desejados nos bioprodutos é de 10^9 a 10^{10} UFC/100g de produto, sendo suficientes para a manutenção das concentrações ativas fisiologicamente uma quantidade intestinal de 10^6 a 10^7 UFC/g *in vivo*, indicando assim uma dose mínima diária da cultura probiótica de 10^8 a 10^9 , o que corresponde ao consumo de 100 g de produto contendo 10^6 a 10^7 /g, para garantir suas propriedades funcionais (FAO, 2006; ANVISA, 2019).

Por se tratar de bactérias lácteas, os alimentos probióticos que agem na regularização da microbiota intestinal, acabam tornando-se um alimento isolado e restrito aos consumidores com alergia ou intolerância a lactose. Com isso, ao conectar a relação da promoção a saúde e da disponibilidade das bactérias probióticas em alimentos, é nítida a necessidade de encontrar produtos que englobem a todo o público, tornando-se um alimento sem restrições e assíduo na dieta humana. Esse interesse e busca por alimentos probióticos tendem a aumentar, pois estudos revelam que a reserva das respectivas bactérias no organismo humano são reduzidas com o passar da idade, sendo conseqüentemente encontradas em concentração distintas: estando enquanto criança detectadas em aproximadamente 95%, quando adulto 25% e em idosos valores bem inferiores, sendo fundamental uma reposição dessa reserva (SOUSA, 2011).

O presente trabalho busca conceber um meio de origem vegetal, sem a presença de lactose, mais com as exigências essenciais ao desenvolvimento da cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*), originando um produto funcional do cajá, vinculando assim características de interesse ao consumidor. Além disso, foi realizado um estudo de estabilidade com o intuito de observar a viabilidade relacionada as possíveis alterações das características probióticas da polpa de cajá após a inoculação.

2. Material e métodos

2.1 Matéria-prima e insumos

Os frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) utilizados são provenientes do cariri paraibano, colhidos no período da safra de 2019, com estágio de maturação maduro. Foram recepcionados, selecionados e higienizados, seguido da extração da polpa em despulpadeira (marca BONINA – modelo compacto 670) e armazenamento sob refrigeração (-18 °C) em freezer vertical (marca GELOPAR). A cultura probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (DELVO®PRO LAFTI B94).

2.2 Cinética de desenvolvimento e obtenção da polpa de cajá probiótica

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que esta base é considerada um aditivo alimentar com função reguladora da acidez (ANVISA, 2007), seguido de tratamento térmico à 65 °C/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em uma concentração de 0,1%. A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, sendo a incubação prosseguida a 35±2°C por 24 horas.

A contagem de micro-organismos probióticos foi realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v), de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L (DE MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubadas a 35±2°C por 72 horas, em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio, sendo os resultados expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama (UFC/g).

Após incubadas, as polpas foram mantidas à 35±2°C por um período de 30 horas, havendo acompanhamento a cada 3 horas, com realização da contagem do número de células viáveis segundo International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.) e das análises de pH e acidez, seguindo a metodologia da AOAC (2016). A inoculação e o acompanhamento cinético foram realizados na polpa de cajá e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

2.3 Caracterização físico-química e química da polpa integral e probiótica

Os procedimentos analíticos realizados, conforme as instruções Associação Oficial de Análises Químicas (AOAC, 2016), foram as análises de: pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água e sólidos totais. Já as análise de carboidratos redutores com base no método proposto por (MILLER, 1959); o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller and Schwager (1977); a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton & Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteu; e o teor de carotenoides totais segundo Lichtenthaler, (1987). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.4 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica

A Solução AAPH (concentração final de 120 mM) foi preparada adicionando o reagente AAPH em tampão de glicina 100 mM, pH 8,6 (20 mL de volume final), seguido pela adição de luminol (4 µL, concentração final de 0,001 mM) no escuro. O sistema foi então estabilizado por 2 horas antes da primeira leitura. Diferentes concentrações de blendas foram adicionadas e a luminescência foi produzida pelo radical livre, então a reação foi quantificada em um contador de cintiladores líquidos (Wallac 1409, Perkin-Elmer, Boston, MA, EUA) por 2 h. O sistema mediu a quimioluminescência emitida por Termólise de AAPH sozinha. Os dados foram transformados em a área sob curva (AUC) usando o software (GraphPad software Ò San Diego, CA, EUA; versão 5.0). A reatividade total antioxidante (TAR) foram obtidas na mesma experiência. Estes resultados foram calculados como a razão da luz intensidade na ausência de amostras (I₀) / intensidade luminosa, após adição de mistura (MORESCO et al., 2017).

2.5 Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento

Para a avaliação da viabilidade da polpa probiótica, a mesma foi submetida ao armazenamento sob refrigeração (4 ± 2 °C) por 28 dias. Após 1, 7, 14, 21 e 28 dias, a amostra da polpa foi analisada para obtenção dos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais (°Brix), segundo AOAC (2016), bem como o acompanhamento da contagem das culturas probióticas, através do número de células viáveis, seguindo a metodologia proposta por International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O acompanhamento da estabilidade da bactéria probiótica foi efetuado na polpa de cajá probiótica e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

2.6 Análise estatística

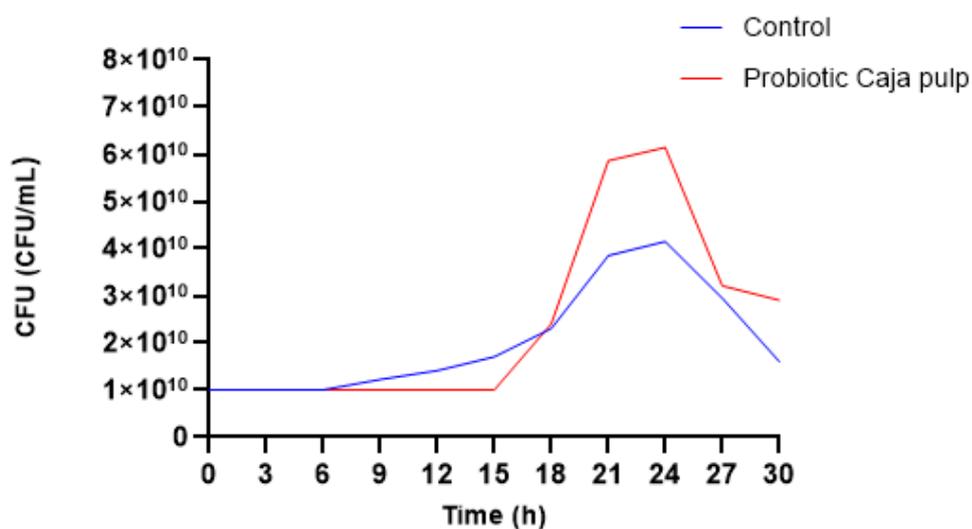
Os resultados foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat versão 7.0 (FRANCISCO; CARLOS, 2016).

3. Resultados e discussão

3.1 Cinética de desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* em polpa de cajá

Na Figura 1, observa-se o comportamento cinético de desenvolvimento da bactéria estudada, sendo analisada na polpa de cajá e no meio controle (caldo MRS) por meio gráfico, correlacionando o número de células viáveis e o tempo transcorrido na cinética.

Figura 1 - Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* na polpa de cajá e no meio controle por meio do gráfico número de células viáveis (NCV) versus tempo



Os pontos observados durante a cinética demonstram uma curva típica de desenvolvimento ou crescimento da bactéria, seguindo os estágios propostos por Maier & Pepper (2015), onde abaixo de 15 horas, a fase exposta é a de latência, na qual a bactéria encontra-se em um período de adaptação no meio ao qual foi inserida. Entre 15 e 21 horas, nota-se a fase exponencial, onde acontece a adaptação da bactéria no meio e, com isso, ela inicia seu desenvolvimento. Entre 21 e 24 horas observa-se a fase estacionária, em que a bactéria atinge o seu limite máximo de desenvolvimento, havendo o esgotamento de nutrientes e a presença de um meio bastante competitivo, iniciando assim a fase de declínio, onde ocorre a inibição do desenvolvimento devido a carência de nutrientes e o estresse oxidativo ao qual a bactéria se sujeita.

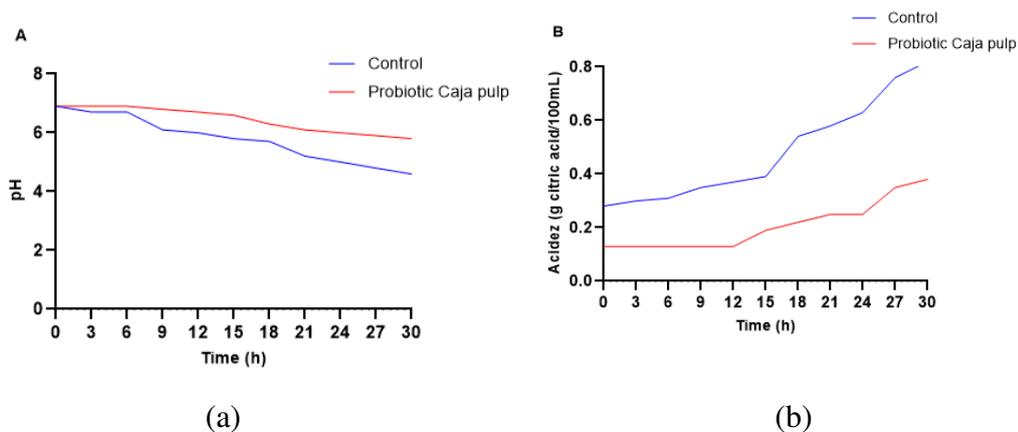
Sendo todas as fases analisadas influenciadas pelas características do meio, havendo interferência direta da ligação com o pH, nutrientes disponibilizados, temperatura do meio e tempo transcorrido (BARANYI & ROBERTS, 1994): a condição ideal dessas características foi observada por meio da contagem do número de células viáveis, apresentando um

desenvolvimento ótimo entre 21 e 24 horas de cinética, sendo possível constatar o ponto máximo de células presentes (aproximadamente $6E+10$ UFC/mL), podendo assim, definir o tempo para obtenção em larga escala da polpa probiótica em 22 horas para garantir o pico máximo e evitar a entrada na fase de declínio ou morte das células.

Além disso, na Figura 1, podemos observar as equações polinomiais resultantes do ajuste das curvas, onde em ambas amostras (cajá probiótica (CP) e meio controle (MC)), o polinômio de grau 4 foi o que melhor se ajustou aos dados, apresentando um valor do coeficiente de determinação (R^2) próximo de 1, certificando assim modelos explicativos e que se alinham as suas respectivas amostras.

Os resultados obtidos para os parâmetros pH e acidez em função do tempo de cinética, se encontram nas Figuras 2a e 2b, onde é observado que o comportamento referente ao metabolismo da bactéria é acatado com êxito.

Figura 2- Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá e no meio controle. a) Gráfico pH versus tempo; b) Gráfico acidez versus tempo



O declínio do pH, durante a cinética de desenvolvimento, ocorre devido ao metabolismo padrão da cultura, que se trata de uma bactéria láctea, onde atua com a capacidade do ácido lácteo em agir como conservante durante o processo e, conseqüentemente, no produto final, baixando o pH da matéria-prima cujo contato é estabelecido, mesmo não havendo a presença da lactose, sendo como no presente estudo, onde foi utilizada a polpa de cajá e o meio controle. Esse comportamento torna-se regra independente do meio em que a bactéria se encontra, pois o mesmo também se repete no organismo humano, onde a bactéria probiótica atua na redução do pH do trato gastrointestinal, estimulando a proliferação das mesmas na microbiota (HERNÁNDEZ, 2004; PANGHAL et al., 2018).

O comportamento da bactéria durante a cinética, ao observar o gráfico de pH (Figura 2a) em conjunto com o de número de células viáveis (Figura 1), mostra que a partir de 24 horas de cinética, o pH do meio se encontra abaixo de 5, ou seja, o pH crítico para o desenvolvimento da mesma: por esse motivo, a bactéria inicia a fase de morte, pois encontra-se em um meio desfavorável a sua sobrevivência. Essa conduta se confirma, ao observar a fase ótima de desenvolvimento, entre 18 e 24 horas, onde há um maior número de células viáveis e o pH observado é aproximadamente 5, evocando as justificativas cabíveis ao pH como sendo também válidas para a acidez com as objeções inversamente proporcionais.

3.2 Caracterização físico-química e química das polpas de cajá integral e probiótica

Na tabela 2, encontram-se os valores da caracterização físico-química da polpa de cajá integral e da polpa de cajá probiótica obtida por meio da inoculação da cultura probiótica, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis.

Tabela 1 - Caracterização físico-química das polpas integral e probiótica de cajá

Parâmetro	Cajá Integral	Cajá Probiótico
pH	2,913±0,032	6,033±0,057
Acidez (%Ácido Cítrico)	1,728±0,096	0,274±0,036
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,833±0,115	11,333±0,288
Teor De Água (%)	86,297±0,133	87,533±0,152
Sólidos Totais (%)	13,703±0,133	12,466±0,152
Fenólicos Totais (mg/g)	185,362±6,148	185,260±0,553
Ácido Ascórbico (mg/g)	15,842±0,159	15,555±0,057
Carboidratos Redutores (ug/mg)	3,638±0,082	3,203±0,003
Carotenoides (mg/100g)	0,0234±0,0009	0,0366±0,0026

Médi ± Desvio padrão

Ao observar o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa integral de cajá, de acordo com a Instrução Normativa n°37 do MAPA (2018), a polpa de cajá extraída e analisada para inserção da cultura probiótica apresenta valores superiores aos valores mínimos permitidos, de acordo com os parâmetros observados na Tabela 1, a qual estabelece sólidos solúveis totais mínimo de 9 °Brix, sólidos totais mínimo de 9,5%, pH mínimo de 2,2, acidez mínima de 0,9 g de ácido cítrico em 100g de polpa e ácido ascórbico mínimo de 6,8 g em 100 de polpa.

O pH da polpa de cajá integral obtida, como mostra a Tabela 1, encontra-se superior ao encontrado por Silvino, Silva e Santos (2017) ao realizar o estudo sobre a qualidade nutricional de frutos de cajá: encontraram um pH mais ácido de 1,45, já a acidez de 1,728 que se assemelha ao encontrado pelo autor, onde constatou a acidez de 1,69 em g de ácido cítrico. Quanto aos sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, foram apresentados valores superiores que o encontrado por Carvalho et al. (2017) que obtiveram 10,13 °Brix, ao observar os frutos de cajá do estado do Pará.

Na maioria das vezes, o teor de água de polpas de fruta possui valores elevados devido à alta quantidade de água encontrada e, conseqüentemente, um baixo teor de sólidos totais: contudo, mesmo com essas especificações geralmente encontradas em polpas, os respectivos valores analisados para polpa integral de cajá são inferiores para teor de água e superiores para teor de sólidos totais que os observados por Carvalho et al. (2017).

Sendo os fenólicos, compostos relevantes na dieta humana devido sua relação com a ação antimicrobiana e antifúngica no organismo, a polpa integral de cajá extraída é ressaltada como uma fonte favorável do composto em questão, sendo observada uma concentração de 185,362 mg: esse valor médio é superior ao encontrado por Melo et al. (2016) ao pesquisar sobre o total de fenólicos em polpas de frutas congeladas, onde obtiveram aproximadamente 126 mg em polpa de cajá. Os demais teores, relacionados a composição nutricional, ácido ascórbico e carboidratos redutores, apresentaram valores inferiores aos encontrados por Silvino, Silva e Santos (2017), respectivamente, 25,37 mg de ácido ascórbico e 4,19 ug/mg .

Já os carotenoides, pigmentos naturais não produzidos pelo corpo humano responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelho dos alimentos, estão presentes em uma concentração elevada para espécies do gênero *Spondia* devido sua coloração característica. No presente estudo, o valor observado foi semelhante ao encontrado por Carvalho et al. (2017) para matrizes de cajá e Carvalho & Alves (2016.) para clones de cajá, que encontraram valores médios de 34,09 e 33,85, nessa ordem.

Na polpa probiótica obtida, é possível observar uma alteração bastante discrepante no valor do pH e da acidez se comparada com a polpa integral, sendo essa mudança causada exclusivamente pela correção do pH para inoculação da cultura probiótica, sendo próximo da neutralidade o pH ideal para garantir um meio propício ao desenvolvimento da cultura. Contudo, após o tempo necessário da obtenção do produto probiótico ocorre a queda do pH, em razão de que metabólitos da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis atuam diminuindo o pH mediante seu desenvolvimento no meio inserido (PANGHAL et al., 2018). Sendo a acidez, um

parâmetro inverso ao pH, nota-se o mesmo comportamento do pH, sendo que para um valor inferior ao da polpa integral.

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e sólidos totais (%) da polpa probiótica apresentaram um pequeno declínio, quando comparados a polpa integral, mas justificado pelo fato de que a cultura probiótica necessita de nutrientes para se desenvolver no meio. Quanto ao teor de água, não foi observada uma mudança tão significativa, por se tratar de um componente que se encontra em grande quantidade em ambos os estágios observados da polpa de cajá, seja ela integral ou probiótica.

Em relação aos teores de fenólicos totais e ácido ascórbico, é plausível observar que não houve uma mudança significativamente relevante, havendo uma redução de menos de 1mg em cada teor citado, sendo justificado pelo fato de que ao adicionar a cultura probiótica, a mesma necessita de nutrientes para se desenvolver, como já discutido anteriormente. Nos carboidratos redutores também houve uma redução baixa, mas justificável, tendo em vista que a bactéria empregada utiliza a frutose e a galactose como fontes de carbono e, conseqüentemente, necessitam desses carboidratos redutores para seu desenvolvimento.

Para os carotenoides observa-se um aumento do pigmento em questão, podendo ser justificado pela mudança de coloração causada após a neutralização da polpa de cajá integral para inoculação do microrganismo, que mesmo voltando para uma coloração praticamente semelhante, a olho nu, da polpa integral, é possível ao analisar a observação de uma alternância.

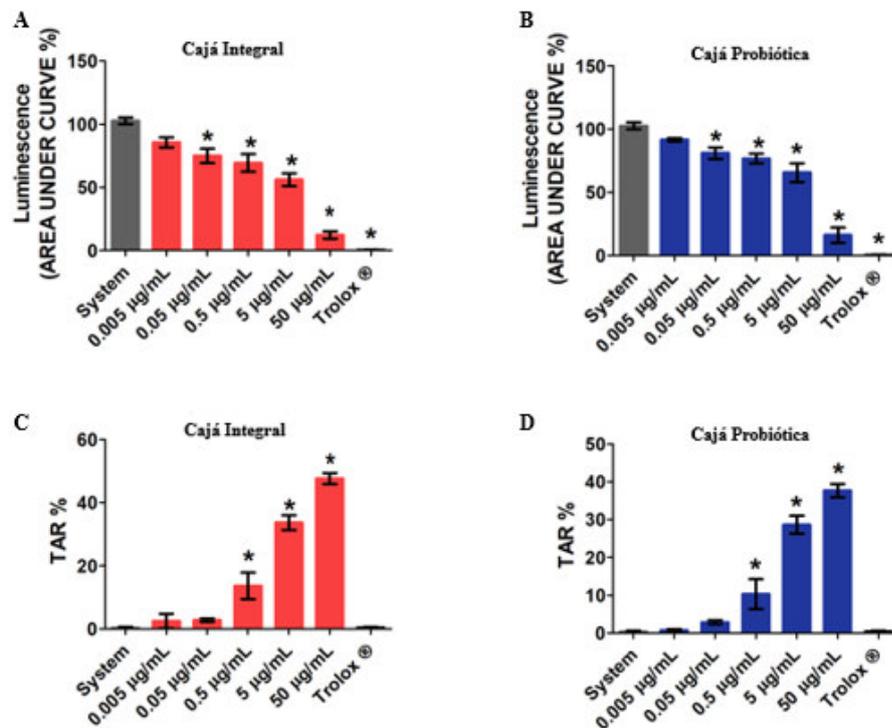
3.3 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica

A Figura 3 mostra os resultados encontrados para potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) na polpa de cajá integral e probiótica, tratadas com concentrações de 0,005 µg/ml, 0,05 µg/ml, 0,5 µg/ml, 5 µg/ml e 50 µg/ml, sendo o grupo controle representado por “System” com o uso do Trolox como antioxidante de referência.

Segundo Martins et al. (2019), o potencial antioxidante reativo total (TRAP) é um ensaio comumente utilizado para analisar a atividade antioxidante de compostos ou grupo de compostos existente em tipos de produtos distintos. Com isso, as amostras de cajá integral e probiótico, representadas pelas Figura 3a e 3b, respectivamente, mostraram-se significativas em quatro concentrações, apresentando maior reatividade a partir de 0,05 µg/ml. Para o cajá probiótico, observa-se menores níveis quando comparado ao cajá integral, sendo esse comportamento justificado pelo fato de que a atividade antioxidante depende da estrutura química e da concentração dos fitoquímicos, como os compostos fenólicos. Esse dado foi

consolidado através dos valores obtidos na Tabela 1, onde os compostos fenólicos e outros compostos foram reduzidos ao ser inoculados o microrganismo probiótico, devido sua necessidade de ingestão de nutrientes para desenvolvimento.

Figura 3 – Análise do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) das polpas de cajá integral e probióticas: a. TRAP polpa integral; b. TRAP polpa probiótica; c. TAR polpa integral; d. TAR polpa probiótica.



Por intermédio da reatividade antioxidante total (TAR) é possível observar o efeito, após a adição de um composto antioxidante sob a luminescência que é induzida por radicais livres, sendo possível constatar a qualidade do antioxidante acessível à quantificação. Nas Figuras 3c e 3d pode-se analisar o TAR das polpas de cajá integral e probiótica, respectivamente, sendo observado que houve significância em ambas as amostras para as concentrações de 0,5, 5 e 50 µg/ml. Indicando que o cajá integral possui ação antioxidante com reatividade mais expressiva, demonstrando maior qualidade.

Com isso, os resultados obtidos demonstram, que ao inocular o microrganismo probiótico, ocorre uma redução quantitativa em relação aos compostos antioxidantes. Entretanto, os gráficos ilustrados nas Figuras 3a, 3b, 3c e 3d evidenciam que a diferença expressa é baixa, além de não ter como consequência a discrepância em função da qualidade dos compostos antioxidantes encontrados em ambas amostras.

3.4 Viabilidade Polpa Probiótica

Na Tabela 2, podemos observar a caracterização realizada durante o estudo de estabilidade da bactéria, com resultados das análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST) e número de células viáveis (NCV), nos dias 1, 7, 14, 21 e 28 para a polpa de cajá probiótica e o meio controle.

Tabela 2 - Resultados da caracterização durante o estudo de estabilidade da polpa probiótica de cajá e do meio controle.

	DIAS	pH	ACIDEZ Z	SST (°Brix)	NCV (UFC/mL)
POLPA DE CAJÁ PROBIÓTICA	1	6,033±	0,274±	11,833±	6,41E+10±
		0,057a	0,036b	0,288a	7,59E+09a
	7	6,15±	0,284±	11,266 ±	5,67E+10±
		0,05a	0,031ab	0,057b	2,43E+09a
	14	6,066±	0,337±	10,266±	2,35E+10±
		0,057a	0,036ab	0,115c	1,41E+09b
	21	5,766±	0,358±	10,233±	1,55E+10±
		0,057b	0,036ab	0,152c	3,21E+08b
	28	5,8±	0,368±	10,200 ±	1,36E+10±
		0,1b	0,018a	0,1c	6,08E+08b
MEIO CONTROLE	1	5,033±	1,117±	6,066±	5,15E+10±
		0,057a	0,036b	0,115a	7,27E+09a
	7	4,766±	1,222±	5,966±	4,57E+10±
		0,057c	0,036b	0,057a	8,56E+09a
	14	5,000±	1,159±	5,866±	2,60E+10±
		0,005a	0,096b	0,115a	2,91E+09b
	21	5,100±	1,370±	5,866±	1,28E+10±
		0,100ab	0,036a	0,057a	1,06E+09c
	28	5,233±	0,916±	5,033 ±	1,12E+10±
		0,057b	0,031c	0,057b	3,11E+09c

SST: Sólidos Solúveis Totais; NCV: Número de Células Viáveis. Média ± Desvio padrão. Letras minúsculas denotam a comparação de médias separadamente do Cajá probiótico e meio controle. Letras iguais na mesma coluna, para cajá probiótico e meio controle separadamente, não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Durante o armazenamento, para observação da viabilidade da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá probiótica e no meio controle, é possível ressaltar que, em ambos os casos, houve declínio dos parâmetros pH, acidez e sólidos solúveis totais. O pH e a acidez são justificados com as mesmas argumentações utilizadas nesse estudo, para a cinética de desenvolvimento da cultura probiótica. Quanto ao comportamento estatístico do pH, percebeu-se na polpa probiótica de cajá, diferença significativa, apenas, após o 21º dia de

acompanhamento. Já na acidez, houve diferença estatisticamente significativa apenas no 1º e 28º dia, estando os outros pontos analisados em comum estatística com os estes.

A redução da quantidade de sólidos solúveis totais, ao longo dos dias, se dá pelo fato de que a bactéria necessita de nutrientes para sobreviver: com isso, à medida que o tempo se delonga e inicia o declínio ou morte das mesmas, há uma busca maior por alimento, sendo notório, pois mesmo havendo a redução do número de células viáveis contidas, há uma maior redução dos sólidos solúveis presentes, ou seja, o ambiente vai se tornando mais competitivo devido a busca por sobrevivência e a escassez de mantimentos. A confirmação desse comportamento é observada ao analisar estatisticamente os dias de acompanhamento, onde há diferença significativamente estatística entre o 1º e 7º dia e entre os demais, quando analisados em função destes.

O número de células viáveis de *Bifidobacterium*, apresentados na Tabela 2, variaram durante o armazenamento: de 6,41E+10 a 1,36E+10 para polpa de cajá probiótica e 5,15E+10 a 1,12E+10 para o meio controle, ao decorrer dos dias de acompanhamento, mantendo assim a principal propriedade denotada para produto probiótico, segundo ANVISA (2019) e FAO (2006), sendo observada diferença mínima significativa apenas após o 14º dia de acompanhamento. Com esses valores, pode-se constatar que mesmo o meio controle oferecendo todas as especificações, como nutrientes e pH, ditas como ideias para o desenvolvimento e conservação da bactéria, sendo estudada como reflexo de valores e requisitos para outros produtos que sejam obtidos nas mesmas condições de inoculação e obtenção do produto probiótico: a polpa de cajá apresentou valores praticamente iguais ou superiores ao mesmo, podendo ser avaliada como um ambiente favorável ao desenvolvimento da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, sendo possível haver alterações de resultados em outras espécies de culturas probióticas e de polpas de frutas.

Sendo, o NCV encontrado durante a viabilidade análogo a 10 log UFC/mL, é possível observar que a concentração encontrada no presente estudo é superior aos valores analisados em outros, utilizando a mesma cultura probiótica. Barbosa & Gallina (2017), ao estudar a viabilidade de bactérias probióticas em iogurtes saborizados com polpa de manga, obteve valores médios de 6 log UFC/mL; assim como Leite et al. (2018) que ao adicionar em iogurtes uma maior concentração de polpa de Juçara, obtiveram aproximadamente 6 log UFC/mL durante a viabilidade; Shori (2015), ao realizar um estudo de revisão relacionado a viabilidade de bactérias probióticas em alimentos lácteos e não lácteos, citou Favaro-Trindade et al. (2006) que ao produzir um sorvete fermentado de acerola obtiveram uma estabilidade durante apenas 14 dias de armazenamento com concentração aproximada de 6 log UFC/mL. Leite et al. (2018)

justifica esse feito com a hipótese de que com o aumento da adição de polpas de frutas em meio, onde haverá a inoculação de cepas probióticas: ocorre um aumento na disponibilidade de nutrientes para multiplicação das bactérias.

Em virtude disto, observou-se que mesmo havendo uma redução da concentração da cultura ao longo do armazenamento na polpa de cajá, apresentando diferença significativa apenas a partir do décimo quarto dia analisado: é possível observar que o produto obtido segue os critérios de seleção de alimentos probióticos funcionais (CHARTERIS et al., 1998). Além disso, é percebido para o meio controle a mesma redução, podendo assim haver o comparativo deduzindo que a polpa de cajá é considerada um meio propício para o desenvolvimento e estabilidade da cultura probiótica.

4. Conclusão

O presente estudo mostrou que a inoculação de uma cultura probiótica, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, em polpa integral de cajá pode ser considerado como um meio alternativo e satisfatório para o desenvolvimento de um alimento probiótico, mantendo as características oriundas da polpa integral mais com a funcionalidade e benefícios de uma polpa probiótica.

A cinética de desenvolvimento apresentou um tempo ótimo de 22 horas para obtenção da polpa probiótica. A caracterização físico-química e química denotou que a adição da cultura não mascarou ou alterou significativamente as características da polpa integral de cajá. Além disso, a viabilidade apresentou resultados adequados a linhagem para produtos probióticos, mantendo as características fundamentais da polpa, mesmo após 28 dias de armazenamento, assegurando assim a estabilidade do produto estudado com as legislações vigentes.

5. Referência bibliográfica

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007. Assunto:** Hidróxido de Sódio (soda caustica) – INS 524, 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**, 2019.

A.O.A.C, Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. **International Journal of Food Microbiology**, Special Issue Predictive Modelling. v. 23, n. 3, p. 277–294, 1 nov. 1994.

BARBOSA, P. DE 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.

CARVALHO, A. V.; ALVES, R. M. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 106. p. 27, [s.d.].

CARVALHO, A. V.; CHAVES, R. P. F.; ALVES, R. M. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 117. p. 24, fev. 2017.

CHARTERIS, W. P.; KELLY, P. M.; MORELLI, L.; COLLINS, J. K. Ingredient selection criteria for probiotic microorganisms in functional dairy foods. **International Journal of Dairy Technology**, v. 51, n. 4, p. 123–136, 1998.

DE MAN, J. C.; ROGOSA, M.; SHARPE, M. E. A medium for the cultivation of *Lactobacilli*. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 23, n. 1, p. 130–135, 1960.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations; World Health Organization (EDS.). **Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

FIGUEIREDO, L. H. M.; VASCONCELLOS, A. G.; PRADO, G. S.; GROSSI-DE-SA, M. F. An overview of intellectual property within agricultural biotechnology in Brazil. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 3, n. 1, p. 69–79, 2019.

FRANCISCO, DE A. S. E S.; CARLOS, A. V. DE A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 2016.

FREITAS, R. V. D. S.; SOUZA, P. A. D.; COELHO, E. L.; SOUZA, F. X. D.; BESERRA, H. N. B. R. STORAGE OF MOMBIN FRUITS COATED WITH CASSAVA STARCH AND PVC FILM. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 244–249, 2017.

HERNÁNDEZ, N. B. S. Evaluación de Leche de Cabra Como Sustrato Para el Desarrollo de un Probiótico Fermentado Con Bifidobacterium Infantis y Bactérias ácido Lácticas e Implementación de un Método Para Identificar B. Infantis Mediante-Edición Única. 2004.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 37, DE 1º DE OUTUBRO DE 2018 - Imprensa Nacional. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/materia>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C. IDF Publications Catalogue, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>. Acesso em: 27 ago. 2019

JESUS, I. G.; SOUZA, A. C.; FERREIRA, I. M.; DO NASCIMENTO SANTOS, L. V.; SILVA, A. M. O.; CARVALHO, M. G. Caracterização e aceitação sensorial de doce em pasta com biomassa de banana e polpa de cajá. **Segurança Alimentar E Nutricional**, v. 26, 2019.

KELLER, TH.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, 1977.

LEITE, S. T.; ROBERTO, C. D.; SILVA, P. I.; De CARVALHO, R. V. Polpa de juçara: fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n. 1, p. 16–23, 2018.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148, p. 350–382.

MAIER, R. M.; PEPPER, I. L. Chapter 3 - Bacterial Growth. In: PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; GENTRY, T. J. (Eds.). **Environmental Microbiology (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2015. p. 37–56.

MARTINS, A. N. A.; PASQUALI, M. A. B.; SCHNORR, C. E.; MARTINS, J. J. A.; DE ARAÚJO, G. T.; ROCHA, A. P. T. Development and characterization of blends formulated with banana peel and banana pulp for the production of blends powders rich in antioxidant properties. *Journal of food science and technology*, v. 56, n. 12, p. 5289-5297, 2019.

MELO, T. A.; RIBEIRO-ALVES, M. A.; LAVINAS, F. C.; De ALMEIDA RODRIGUES, I. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v. 10, n. 1, 2016.

MERENSTEIN, D. J.; TAN, T. P.; MOLOKIN, A.; SMITH, K. H.; ROBERTS, R. F.; SHARA, N. M.; SOLANO-AGUILAR, G. Safety of Bifidobacterium animalis subsp. lactis (B. lactis) strain BB-12-supplemented yogurt in healthy adults on antibiotics: a phase I safety study. **Gut Microbes**, v. 6, n. 1, p. 66–77, 2015.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.

MORESCO, K. S.; SILVEIRA, A. K.; SCHNORR, C. E.; ZEIDAN-CHULIA, F.; BORTOLIN, R. C.; BITTENCOURT, L. D. S.; MINGORI, M.; HEIMFARTH, L.; RABELO, T.K.; MORRONE, M. D. S.; CARINI, J.P.; GELAIN, D.P.; BASSANI, V. L.; MOREIRA, J. C. F. Supplementation with achyrocline satureioides inflorescence extracts to pregnant and breastfeeding rats induces tissuespecific changes in enzymatic activity and lower neonatal survival. **Biomedicines**, v. 5, n. 3, p. 53, 2017.

SHORI, A. B. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 423–431, 2015.

SILVINO, R.; SILVA, G.; SANTOS, O. V. Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (*Spondias Mombin* L.). *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins*, v. 4. n. 2, p. 03-11, 2017.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

SOUSA, A. L. O. P. D. **Viabilidade de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* HN019 em fórmulas infantis probióticas durante o armazenamento a 4 °C.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

VARAVALLO, M. A.; THOMÉ, J. N.; TESHIMA, E. Aplicação de bactérias probióticas para profilaxia e tratamento de doenças gastrointestinais. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 29, n. 1, p. 83–104, 2008.

WITSCHINSKI, F.; DEMARTINI, D.; KILIAN, J.; DALLAGO, R. M.; ROSA, C. D.; CANSIAN, R. L.; STEFFENS, J. Development and characterization of light yoghurt elaborated with *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb-12 and fructooligosaccharides. *Ciência Rural*, v. 48, n. 3, 2018.

ARTIGO 3

OBTENÇÃO DE POLPA DE CAJÁ EM PÓ ADICIONADA DE *BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS* SSP. LACTIS B94 EM LEITO DE JORRO

Resumo: A incorporação de bactérias probióticas em polpas de frutas é uma excelente alternativa para a produção e inovação do seguimento voltado aos alimentos funcionais, alinhando a viabilidade econômica da polpa de cajá, com a busca por meios alternativos que correspondam a veiculação das culturas probióticas. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi estudar a secagem em leito de jorro de polpa de cajá adicionada de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. Um delineamento experimental compreendendo 11 experimentos foi utilizado na secagem, variando a temperatura de entrada (50, 60 e 70°C), concentração de maltodextrina (2,5; 5,0 e 7,5%) e concentração de inulina (2,5; 5,0 e 7,5%), sendo as variáveis dependentes: o rendimento do processo de secagem e o número de células viáveis. Propriedades físico-químicas e químicas da polpa de cajá probiótica líquida e resultante dos 11 ensaios de secagem foram avaliadas. Na caracterização da polpa probiótica líquida verificou-se um produto abundoso em compostos bioativos, além de conter os atributos físico-químicos necessários para desenvolvimento da bactéria. Os resultados revelaram que maiores concentrações de inulina (7,5%) resultaram em menor rendimento do processo, assim como o ensaio com menor temperatura (50°C): as concentrações de maltodextrina e inulina (2,5% cada) resultaram em um pó com o maior número de células vivas, embora os 11 ensaios encontrem-se de acordo com a legislação vigente. Na caracterização físico-química das amostras em pó pode-se destacar a conservação de alguns parâmetros analisados, sendo que o pó final se trata de um produto submetido às temperaturas elevadas com adição de adjuvante e encapsulante, estando predisposto a alterações. Contudo, a secagem em leito de jorro mostrou-se como um método eficiente no seguimento estudado.

Palavras-chave: *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; delineamento experimental; número de células viáveis; rendimento.

Abstract: The incorporation of probiotic bacteria in fruit pulps is an excellent alternative for the production and innovation of the segment focused on functional foods, aligning the economic viability of the cajá pulp with the search for alternative means that correspond to the transmission of probiotic cultures. With that, the objective of the present work was to study the drying in the spout bed of probiotic cajá pulp, with the inoculation of *Bifidobacterium animalis*

ssp. lactis. An experimental design comprising 11 experiments was used in drying, varying the inlet temperature (50, 60 and 70°C), maltodextrin concentration (2,5; 5,0 and 7,5%) and inulin concentration, (2,5; 5,0 and 7,5%) the dependent variables being the drying process yield and the number of viable cells. Physico-chemical and chemical properties of liquid probiotic cajá pulp resulting from 11 drying tests were evaluated. In the characterization of the liquid probiotic pulp, there was a product abundant in bioactive compounds, in addition to containing the physical-chemical attributes necessary for the development of the bacteria. The results revealed that higher concentrations of inulin (7.5%) resulted in lower process yield, as well as the lower temperature test (50 ° C), the concentrations of maltodextrin and inulin (2.5% each) resulted in a powder with the highest number of living cells, although the 11 tests are in accordance with current legislation. In the physical-chemical characterization of the powder samples, the conservation of some analyzed parameters can be highlighted, since the final powder is a product subjected to high temperatures with the addition of adjuvant and encapsulant, being predisposed to alterations, however, the spouted bed drying proved to be an efficient method in the studied segment.

Keywords: *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; experimental design; number of viable cells; yield

1. Introdução

A valorização da exploração de produtos regionais visa ampliar seu consumo e evidenciar suas características sensoriais e funcionais, alocando valor econômico e nutricional. Com a busca por uma perspectiva de inovação e interesse dos consumidores, observa-se a atual necessidade de pesquisar produtos com uma abundante disponibilidade de substâncias variadas, direta ou indiretamente capazes de suprir o mercado e as expectativas depositadas nesse segmento (JOSHI, ROY & BANERJEE, 2018).

O cajá é considerado uma espécie frutífera tropical nativa e exótica, pertencente ao gênero *Spondias*. O processamento do cajá gera de 45-50% de resíduos compostos por casca e semente, e de 50-55% de polpa, havendo um rendimento favorável ao potencial uso da polpa para alguma finalidade. São considerados substancialmente nutricionais, compreendendo a presença de compostos bioativos, elevado teor de vitamina C, provitamina A e de substâncias antioxidantes. Sua composição enquadra quantificações em 100g de polpa de valor energético de aproximadamente 50kcal, carboidratos totais de 6g e aproximadamente 2% de fibras insolúveis, evidenciando, assim, a relevância e destaque nutricional à espécie (MATTIETTO & MATTA, 2011; NETO, 2019).

Tendo em vista a disponibilidade nutricional e de produção do cajá, observa-se uma fonte viável para obtenção de um produto com características funcionais, como os probióticos, definidos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2006), como microrganismos vivos que são benéficos para a saúde do hospedeiro quando administrados em quantidades adequadas, devendo haver um meio viável na preparação e manutenção da viabilidade no ecossistema digestivo com condição indispensável para a sua atuação. Podem ser classificados como bacterianos e não bacterianos, sendo de interesse a produção de produtos alimentícios os bacterianos, como os *Bifidobacterium animalis ssp. lactis.*, devido à escassez de pesquisas (RUSU et al., 2019) . Os probióticos possuem ações capazes de induzir respostas pró-inflamatórias, anti-inflamatórias ou secretórias que podem inibir a carcinogênese. Segundo a ANVISA (2019) e a FAO (2006), para os *bifidobacterium* a dosagem necessária para eficácia da bactéria deve ser de 10^8 a 10^9 UFC/g.

Sendo as polpas de frutas, subprodutos de alta perecibilidade, a remoção da umidade presente são fundamentais para a utilização e aproveitamento desses produtos a qualquer período do ano, sendo essencial para garantir a integridade das características nutritivas e evitar o surgimento de propriedades antinutricionais devido a atividade microbiana, atrelando viabilidade econômica e alta qualidade do produto final, através dos processos de secagem (FERREIRA et al., 2019). Por se tratar de um método de secagem capaz de correlacionar a

transferência instantânea e simultânea de calor e massa com a possibilidade do controle efetivo da quantidade relativa de umidade, o leite de jorro confere baixo custo para fins industriais, além da escassez de produtos obtidos por esse método (ROCHA et al., 2018).

Alguns estudos, como o de Paim et al. (2016) observaram a microencapsulação do suco de juçara probiótico micro encapsulado por secagem por pulverização, empregando a bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, e obtiveram, como resultado, um número de células viáveis acima de 10^6 UFC/g, além de apresentar teores satisfatórios de antocianinas e fenólicos. Terpou et al. (2019) citaram em seu estudo como estratégia para aumento da viabilidade probiótica o uso de encapsulantes (inulina, por exemplo) para que seja possível alcançar estabilidade, proteção das bactérias probióticas lácticas sensíveis ao oxigênio, facilidade no manuseio, transporte e armazenamento, além da entrega de compostos bioativos, sendo essa técnica utilizada no presente estudo. Anekella & Orsat (2013) estudaram a otimização da microencapsulação de probióticos à base de *Lactobacillus* em suco de framboesa por secagem por pulverização, observando como resultado, que ao aumentar a taxa de microencapsulante, é obtido um aumento no número de células viáveis.

Ao considerar a polpa integral de cajá como um meio propício ao desenvolvimento de uma bactéria probiótica, tornando-a um alimento funcional, sendo necessário ter a contagem de células vivas, de acordo com a legislação e características favoráveis ao consumo. A influência do processo de secagem por leite de jorro terá o intuito de relatar a conservação ou degradação das características do produto final em pó, assim como a sobrevivência das células probióticas após serem submetidas a técnica em questão. Com isso, o objetivo do trabalho foi estudar a ação de uma secagem nas propriedades funcionais da polpa de cajá probiótica.

2. Material e Métodos

2.1 Matéria-prima

Os frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) utilizados foram provenientes do cariri paraibano, colhidas no período da safra de 2019, com estágio de maturação maduro. A cultura probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (DELVO®PRO LAFTI B94). Como encapsulante e adjuvante, foram utilizados inulina (ROVAL®) e maltodextrina (MOR-REX ® 1910), respectivamente.

2.2 Inoculação do microrganismo

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com função reguladora da acidez (ANVISA, 2007), seguido de tratamento térmico à 65 °C/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em uma concentração de 0,1%. A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, sendo a incubação prosseguida a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.

2.3 Delineamento experimental para o processo de secagem de polpa de cajá probiótica em leito de jorro

Foram avaliadas a influência das variáveis independentes, temperatura de entrada do ar de secagem (°C), concentração de maltodextrina (%) e concentração de inulina (%), no rendimento do processo e número de células viáveis da polpa de cajá probiótica, em secador do tipo leito de jorro (modelo FBD 1.0 da marca LabMq do Brasil).

Um delineamento experimental 2^3+3 , com 3 experimentos no ponto central, resultando 11 experimentos, como mostra a Tabela 1.

O fluxo de alimentação foi fixado em 5 g/min e a pressão de atomização em 3 bar. As amostras em pó foram armazenadas em embalagens metálicas flexíveis com zíper (espessura 0,11mm, tamanho 10x17,5cm), vedadas a vácuo e armazenadas em um dessecador em temperatura ambiente.

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de secagem propostos pelo delineamento experimental

Ensaio	T _{in} (°C)	C _{MALTO} (%)	C _{INU} (%)
1	50	2,5	2,5
2	70	2,5	2,5
3	50	7,5	2,5
4	70	7,5	2,5
5	50	2,5	7,5
6	70	2,5	7,5
7	50	7,5	7,5
8	70	7,5	7,5
9	60	5,0	5,0
10	60	5,0	5,0
11	60	5,0	5,0

T_{in}: Temperatura de entrada do ar de secagem; C_{MALTO}: Concentração de Maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina.

2.4 Variáveis dependentes

O número de células viáveis foi obtido a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v), de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L (DE MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubado a 35±2°C por 72 horas em jarras de anaerobiose, contendo sistema de remoção de oxigênio. Os resultados foram expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama (UFC/g).

O rendimento foi calculado conforme Rocha et al. (2015), de acordo com a equação (1), com resultados expressos em porcentagem.

$$R = \frac{M_C * (1 - X_C)}{M_A * (1 - X_A)} * 100 \quad (1)$$

Onde, MC é a massa coletada (g); MA é a massa alimentada (g); XC é o teor de água da amostra coletada (g); XA é o teor de água da amostra alimentada (g).

2.5 Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica e polpa de cajá probiótica em pó

A composição físico-química foi determinada em triplicata para a polpa probiótica de cajá e para a polpa probiótica de cajá em pó, com o intuito de observar a ação do método de secagem escolhido, sendo possível analisar se houve conservação das características do produto.

De acordo com os métodos AOAC (2016) foram determinadas as quantificações de pH, acidez, teor de água e sólidos totais: as análises de carboidratos redutores, com base no método proposto por (MILLER, 1959); o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller & Schwager (1977); a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton & Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteu; e o teor de carotenoides totais, segundo Lichtenthaler (1987).

2.6 Análise estatística

Os dados das caracterizações físico-químicas foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat versão 7.7 (FRANCISCO & CARLOS, 2016). No planejamento experimental, os efeitos das variáveis independentes sobre as variáveis dependentes foram avaliados mediante análise estatística, utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0..

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá

Na Tabela 2 estão exibidos os parâmetros físico-químicos e químicos da polpa de cajá probiótica, ou seja, após inoculação e posterior desenvolvimento do *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis.

Tabela 2 - Caracterização da polpa de cajá probiótica

Parâmetros	Polpa de cajá probiótica
pH	6,033±0,057
Acidez (%Ácido Cítrico)	0,274±0,036
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,333±0,288
Teor De Água (%)	87,533±0,152
Sólidos Totais (%)	12,466±0,152
Fenólicos Totais (mg/g)	185,260±0,553
Ácido Ascórbico (mg/gl)	15,555±0,057
Carboidratos Redutores (ug/mg)	3,203±0,003
Carotenoides (mg/100g)	0,0366±0,0026

Médi±Desvio Padrão.

Por se tratar de um caracterização feita após desenvolvimento do microrganismo, observa-se que o pH (6,033) e a acidez (0,274% de ác.cítrico) são valores propícios ao desenvolvimento da bactéria, evitando a proliferação de outros microrganismos indesejados e que se desenvolvam em faixas de pH diferentes da encontrada após neutralização da polpa de cajá integral (PANGHAL et al., 2018). Por ser a acidez, um parâmetro inverso ao pH, nota-se o mesmo comportamento do pH.

Os parâmetros sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, apresentam um valor elevado por se tratar de uma polpa de fruta utilizada como meio de desenvolvimento de um microrganismo que, conseqüentemente, necessita de nutrientes para realizar tal feito. O teor de água mostrou-se elevado devido à alta perecibilidade, geralmente observado nas polpas de fruta, sendo também a água um importante componente para o desenvolvimento da bactéria inoculada na polpa.

O perfil químico da polpa probiótica de cajá trouxe valores significativos de fenólicos, ácido ascórbico, carboidratos redutores e carotenoides. Quantificações essas esperadas por ser

tratar de uma espécie (*Spondias*) que apresenta frutas consideradas como fonte de vitaminas e compostos bioativos (OLADUNJOYE et al., 2021).

3.2 Ensaios de secagem

Na Tabela 3, podemos observar os valores obtidos nos 11 experimentos do planejamento experimental para rendimento e número de células viáveis, sendo esses valores utilizados para obtenção da estatística conseguida no delineamento experimental (DOE) executado. Conforme os valores observados na Tabela 1, a discussão dos resultados ocorrerá nas condições na temperatura de (50, 60 e 70 °C), concentração de maltodextrina (2,5; 5,0 e 7,5%) e na concentração de inulina (2,0; 5,0 e 7,5%).

Tabela 3 - Resultados obtidos nos ensaios de secagem

EXPERIMENTO	R (%)	NCV (UFC/g)
1	17,863	1,16E+12
2	19,401	6,80E+11
3	19,620	3,72E+11
4	23,615	4,69E+11
5	15,457	2,43E+11
6	16,519	2,62E+11
7	15,057	2,76E+11
8	14,343	2,75E+11
9	18,770	4,30E+11
10	19,6962	4,15E+11
11	18,196	4,22E+11

R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

Para a variável rendimento, o ensaio que obteve menor eficiência foi o 8, com 14,343%, ao observar os valores das variáveis do processo para esse experimento (Tabela 1): temos que todos os níveis utilizados foram os máximos, sendo possível afirmar que um alto gasto de suprimentos, como no caso da maltodextrina e inulina, não trouxeram eficácia ao processo, podendo assim ressaltar que uma possível industrialização do produto não traria gastos máximos, sendo um dos fatores de maior interesse às indústrias. O inverso, tratando-se do rendimento, foi visto no experimento 4, onde, conforme a Tabela 1, podemos observar que a temperatura desse ensaio também foi 70°C e a concentração de maltodextrina também foi 7,5%,

sendo apenas a concentração de inulina 2,5%, podendo assim ser constatado que um alto teor de inulina para a relação produto/processo não trouxe valores satisfatórios de rendimento.

Como a inulina foi utilizada como um encapsulante, agindo na proteção do microrganismo inoculado na polpa de cajá, ao analisar sua influência no rendimento do processo, obtemos um resultado desfavorável para valores máximos (7,5%) da sua concentração e benéficos aos valores mínimos (2,5%) da sua concentração. Esse comportamento é observado ao analisar do experimento 1 a 4, onde têm-se maiores valores de rendimento e neles foram utilizados 2,5% de inulina, e dos experimentos 5 a 8 valores menores, onde foram utilizados 7,5% de concentração de inulina. Nos experimento 9,10 e 11, observamos que a assimetria da maltodextrina e da inulina no nível mediano (5,0% de concentração), resultaram em valores semelhantes aos de melhor resultado de rendimento, sendo esse comportamento também observado por (PAIM et al., 2016), ao estudarem a secagem de polpa de juçara probiótica, onde ao utilizar uma proporção de 50:50 de maltodextrina e inulina, foram encontrados valores intermediários, assim como no presente estudo, cujo rendimento derivava em resultados eficazes.

O número de células viáveis, durante os 11 ensaios de secagem, apresentou valores próximos, tendo em vista que os valores são exponencial a +11, exceto o experimento 1 que apresentou exponencial +12, mesmo havendo uma menor concentração de inulina e maltodextrina, conforme Tabela 1: esse comportamento se dá pelo fato de que, quanto maior a quantidade de sólidos presentes na polpa probiótica, mais competitivo o meio para o microrganismo, podendo assim, justificar o fato de que o experimento com os níveis mínimos de concentração, foi o que apresentou melhor resultado. Além disso, observa-se que o experimento 1 também utilizou a temperatura de entrada de 50°C, confirmando assim que a resistência da bactéria às elevadas temperaturas também se fez presente durante o processo. Contudo, todos os ensaios de secagem estão coerentes com as normas impostas pela ANVISA (2019) e a FAO (2006), que indicam um exponencial acima de +8 (UFC/g) ao dia, podendo assim, ser considerados um alimento com efeitos probióticos.

3.3 Coeficientes de regressão

A Tabela 4 demonstra a influência de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial, os valores de F e o coeficiente de determinação R^2 , após reparametrização dos dados.

Conforme a Tabela 4, sendo o coeficiente β_0 a média para cada variável dependente, observa-se valores representativos em relação aos ensaios de secagem individualmente

analisado. O rendimento (R) do processo mostrou-se baixo mais aceitável pelo fato da polpa ser considerada, devido a sua composição, um carboidrato de baixo peso molecular, tornando-se uma fonte de objeto de estudo para observar quais parâmetros fixos ou variáveis, ao longo do planejamento, deveriam ser modificados para resultar valores maiores. O número de células viáveis (NCV) sucedeu em um valor médio superior ao exigido para dose diária recomendada pela legislação (ANVISA e FAO) para um alimento ser considerado probiótico, ressaltando assim que a polpa de cajá é um ambiente favorável ao desenvolvimento e conservação do microrganismo com vida.

Tabela 4 - Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis

Coeficientes	Variáveis	R (%)	NCV (UFC/g)
β_0	-	18,04950	4,54485E+11
β_1	T_{in}	NS	NS
β_2	C_{MALTO}	NS	-1,18542E+11
β_3	C_{INU}	-2,39050	-2,02625E+11
β_4	$T_{in} \cdot C_{MALTO}$	NS	NS
β_5	$T_{in} \cdot C_{INU}$	NS	NS
β_6	$C_{MALTO} \cdot C_{INU}$	NS	1,29958E+11
R^2	-	65,017	82,452
F	-	16,7268	10,9637

β_0 - β_7 : Coeficientes de regressão; R^2 : Coeficiente de determinação; T_{in} : Temperatura de entrada; C_{MALTO} : Concentração de maltodextrina; C_{INU} : Concentração de inulina; NS: Não Significativo; R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

A temperatura (T_{in}) não apresentou valores significativos para as variáveis dependentes, resultando na baixa influência da mesma quando relacionada no processo com os resultados obtidos para rendimento e número de células viáveis.

Para concentração de maltodextrina (C_{MALTO}), observou-se uma influência negativa em relação ao número de células viáveis, ou seja, o aumento da concentração de maltodextrina resultou em uma redução no valor médio obtido, sendo um comportamento favorável ao processo, pois demonstra que não há necessidade de utilizar grandes concentrações de maltodextrina para garantir valores desejados de células vivas no produto final.

A concentração de inulina (C_{INU}) influenciou negativamente o rendimento e o número de células viáveis no processo, demonstrando que uma maior quantidade de suprimentos pode reduzir o rendimento do processo, por se tratar de um encapsulante voltado a proteção do

microrganismo e reduzir o número de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis vivos, devido ao excesso de nutrientes, tornando o ambiente competitivo e podendo levar a morte das células vivas presentes.

A partir da interação dupla (β_4 , β_5 , β_6) das variáveis, é possível observar que apenas a interação entre a concentração de maltodextrina e inulina influenciou no processo de secagem, positivamente, resultando em um crescimento do número de células viáveis na média ao aumentar a concentração de ambos em conjunto, podendo ser explicado pelo fato de que há um equilíbrio entre o adjuvante de secagem e o encapsulante, que resulta na resistência das células ao serem submetidas ao processo.

Sendo o coeficiente de determinação, R^2 , uma quantificação em relação a qualidade do ajustamento por fornecer uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, variando de 0 a 100% (RODRIGUES & IEMMA, 2014). Para o rendimento, pode-se observar um coeficiente de determinação relativamente baixo (65,017) mais justificável, pelo fato de atuar como uma variável ligada diretamente ao processo de secagem, que se trata de uma técnica onde diversos fatores de controle, fixos e alteráveis, são adotados e torna-se mais difícil encontrar pontos ótimos para todos, resultando em um baixo, mas aceitável, ajustamento do modelo, além do mesmo ter sido submetido à reparametrização, ou seja, sucedeu a minimização da correlação e dos erros relativos às estimativas dos parâmetros.

Na variável número de células viáveis (NCV), o R^2 observado (82,452) demonstra um melhor ajuste ao modelo, pois quanto mais próximo de 100% melhor a relação da equação de regressão e das variáveis dependentes: contudo, ao tratar do NCV, estamos aplicando modelos e resultados matemáticos aos organismos vivos, ou seja, seu comportamento pode ir em desencontro do esperado devido as condições impostas durante o processo, desde a inoculação até o armazenamento da polpa probiótica em pó.

Por se tratar de um teste, utilizado para comprovar quais os fatores e interações são realmente significantes no processo, o teste F é de fundamental importância para entender o comportamento da variável dependente, relacionando o F calculado (através da ANOVA) e o F tabelado (através dos graus de liberdade), observados em cada variável dependente. Ao correlacionar o F calculado para a variável rendimento, 16,7268 com o F tabelado para seus respectivos graus de liberdade (1,9), 5,12, observamos que o F calculado é maior que o F tabelado, decorrendo uma significância do rendimento ao processo. Para o número de células viáveis, temos o F calculado de 10,9637 que, quando comparado ao F tabelado de 4,35 para

seus respectivos graus de liberdade (3,7), é possível concluir que essa variável dependente também seja estatisticamente significativa ao processo.

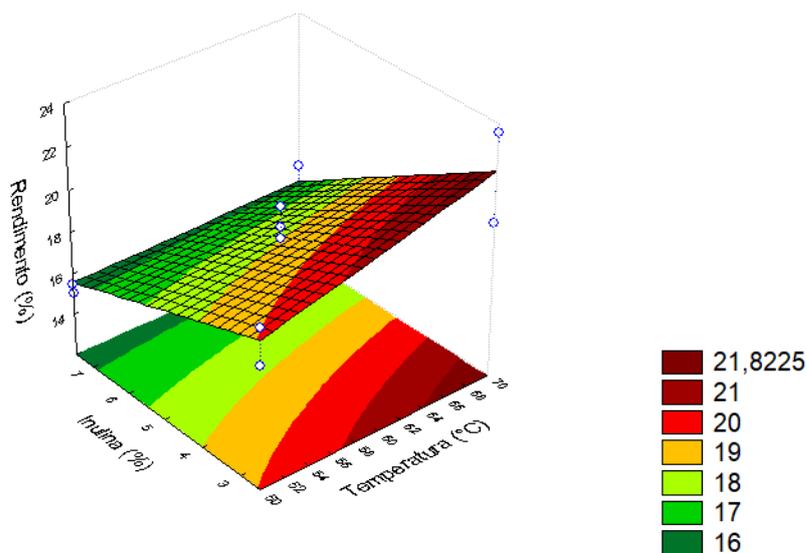
Os graus de liberdade apresentaram quantificações distintas e os valores de R^2 foram baixos devido a parametrização efetuada, objetivando-se otimizar os parâmetros e ajustá-los melhor ao modelo.

3.4 Superfícies de resposta

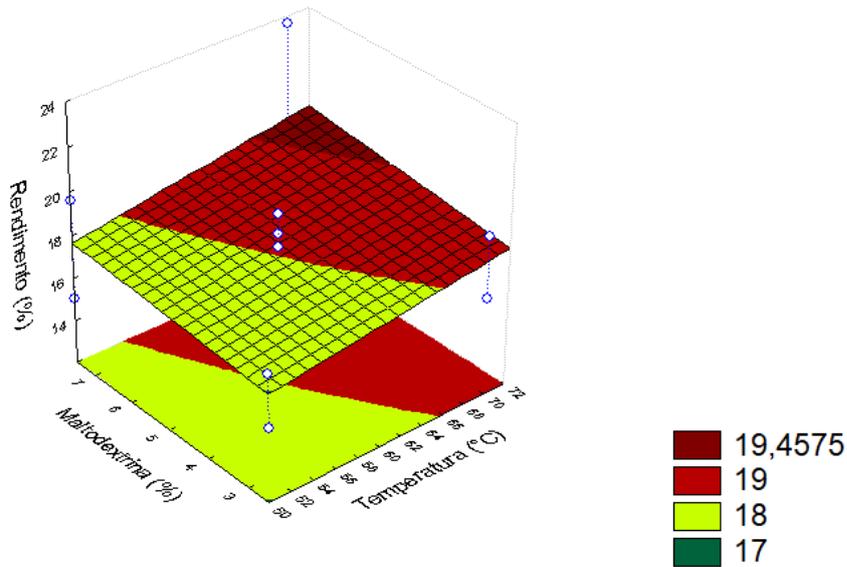
Sendo as superfícies de resposta, um método capaz de realizar uma predição das condições ideais a serem empregadas durante o processo, Rodrigues & Iemma (2014) afirmam que para um planejamento do tipo delineamento experimental (DOE), as superfícies de resposta devem ser geradas se a análise de variância (ANOVA) for significativa, sendo esse estado observado do teste F, com valores expostos na Tabela 4, que como já discutido anteriormente, o teste F foi estatisticamente significativo para o Rendimento e Número de células viáveis. Com isso, as superfícies de resposta foram geradas para análise de tendências e de regiões de interesse ao processo, realizando as interações entre as variáveis independentes.

As Figuras 1a, 1b e 1c ilustram as superfícies de respostas obtidas para a variável dependente rendimento, relacionando as três variáveis independentes do processo.

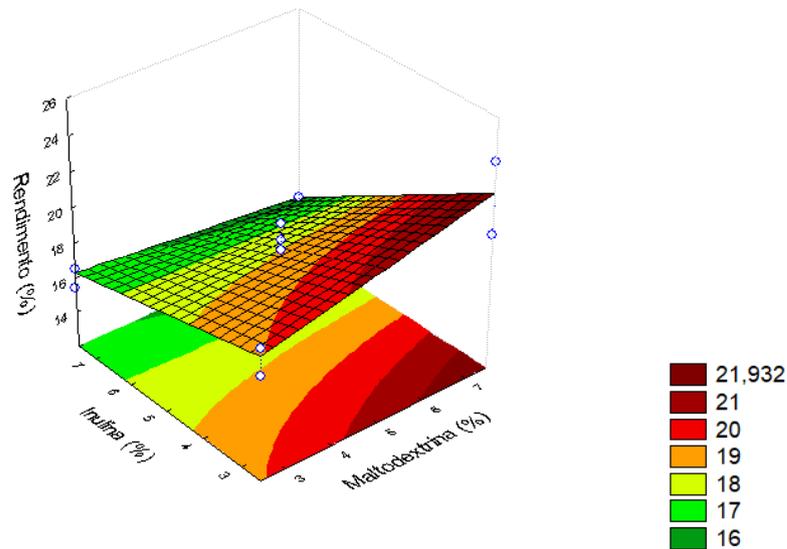
Figura 1 – Superfície de resposta do rendimento: a) concentração de inulina e temperatura; b) concentração de maltodextrina e temperatura; c) concentração de maltodextrina e inulina



a)



b)



c)

A Figura 1a demonstra, que ao analisar a concentração de maltodextrina e a temperatura de entrada com a concentração de inulina fixada no ponto central, observamos que quanto menor a quantidade de inulina maior o rendimento do processo para temperaturas acima de 58°C. Contudo, o maior valor para o rendimento do processo é observado para menor concentração de inulina e maior temperatura, resultando no experimento 4, conforme mostra Tabela 3 (23,615%).

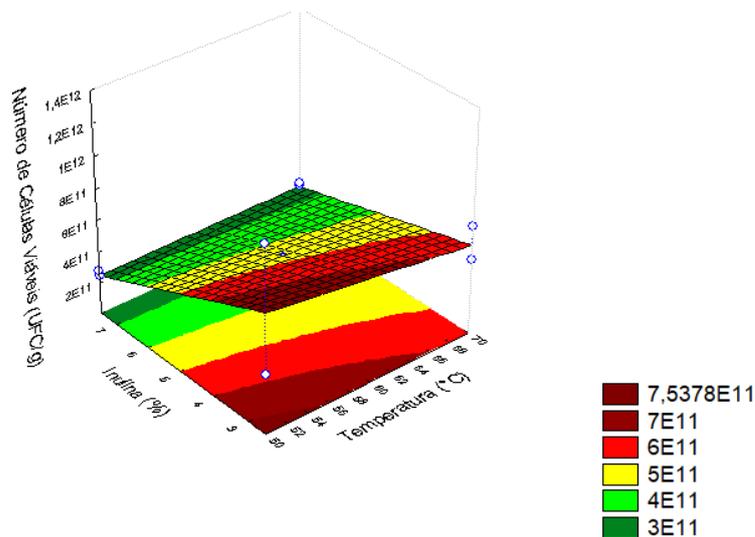
Na Figura 1b, observamos que a concentração de maltodextrina, quando analisada juntamente com a temperatura, possui comportamento peculiar, onde acima de 66°C as menores concentrações resultam em valores elevados de rendimento. Esse comportamento é igual as

maiores concentrações de maltodextrina para temperaturas acima de 56°C, sendo necessário, assim, observar qual dos dois parâmetros pode ter maior influência para qualidade do produto final, para então optar pela escolha de qual é mais viável utilizar os menores níveis. Mesmo com as considerações a respeito do comportamento do processo em relação as duas variáveis observadas, nota-se que o maior rendimento é obtido para maior concentração de maltodextrina e maior temperatura de entrada, resultando no experimento 4, conforme mostra Tabela 3 (23,615%).

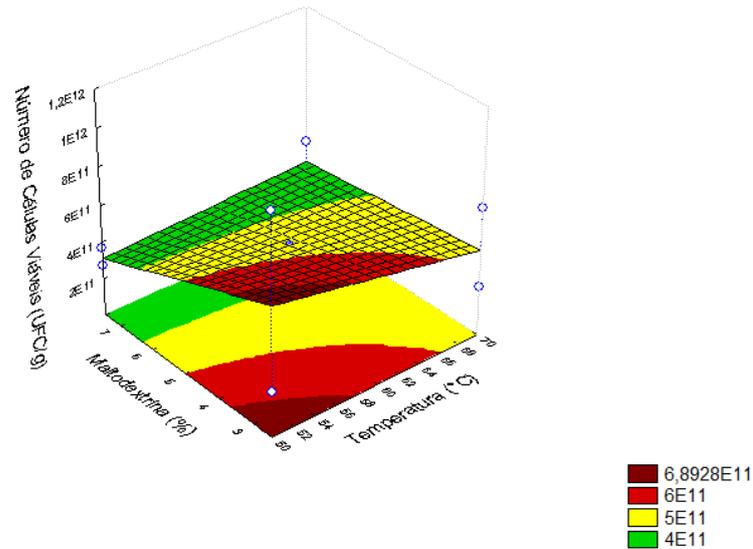
A Figura 1c ilustra a relação entre as concentrações de maltodextrina e inulina com a temperatura de entrada fixada no ponto central: neste caso, observamos que a melhor faixa de rendimento encontra-se quando se utiliza no processo as menores concentrações de inulina e maiores de maltodextrina, resultando no experimento 4, conforme mostra Tabela 3 (23,615%).

As Figuras 2a, 2b e 2c ilustram as superfícies de respostas obtidas para a variável dependente número de células viáveis, relacionando as três variáveis independentes do processo.

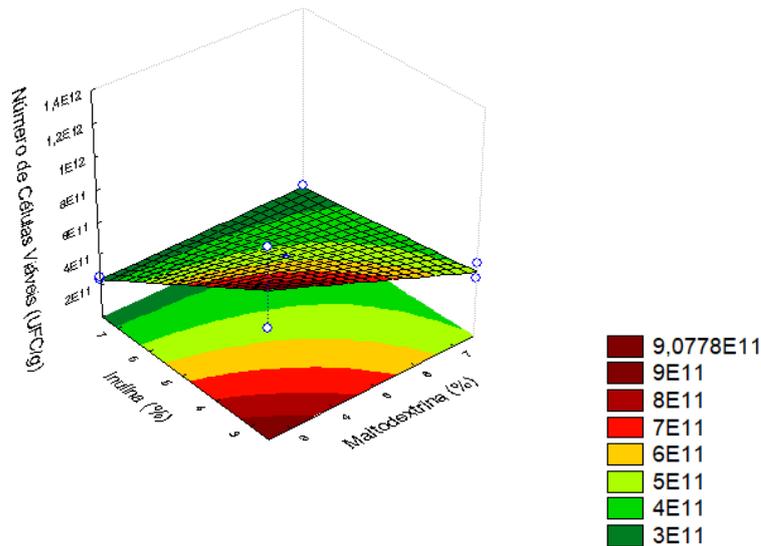
Figura 2 – Superfície de resposta do número de células viáveis: a) concentração de inulina e temperatura; b) concentração de maltodextrina e temperatura; c) concentração de maltodextrina e inulina



a)



b)



c)

A Figura 2a ilustra os efeitos da concentração de inulina e da temperatura de entrada quando a concentração de maltodextrina está fixada no ponto central e a Figura 2b mostra os efeitos da concentração de maltodextrina e da temperatura de entrada quando a concentração de inulina está fixada no ponto central. O comportamento do número de células viáveis, observado através dessas duas superfícies de resposta, pode ser explicado da seguinte forma: uma menor concentração de inulina (Figura 2a) e maltodextrina (Figura 2b), separadamente, torna o ambiente menos competitivo e, conseqüentemente, um maior número de bactérias consegue sobreviver. Enquanto, ao utilizar o nível máximo de concentração de ambos (inulina e maltodextrina), verificamos uma tendência do processo a redução da quantidade de células

vivas, independente da temperatura utilizada. Na Figura 2a, observa-se que por se tratar de um encapsulante, a bactéria consegue manter-se viva até em média 68°C; enquanto na Figura 2b, por se tratar de um adjuvante mais ligado ao processo de secagem, a mesma mantém o limite máximo de células até em média 58°C.

Fazendo a análise do comportamento do número de células viáveis em relação à concentração de inulina e de maltodextrina, quando se mantém a temperatura no ponto central, como mostra a Figura 2c, pode-se constatar que o número de células viáveis aumenta com a redução das duas concentrações em paralelo, como já discutido. Revelando ao processo que o uso do adjuvante (maltodextrina) e o encapsulante (inulina), não necessita de quantidades elevadas para resultar em um produto final com alta quantificação de bactérias vivas, resultando no experimento 1, conforme mostra Tabela 3 (1,16E+12 UFC/g).

3.5 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá em pó

Na Tabela 5, consta os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos e químicos, com o intuito de observar as possíveis alterações causadas no produto após a secagem, quando comparada com a Tabela 2, e o perfil de cada ensaio de secagem, analisando assim a influência das variáveis independentes do processo.

Por se tratar de um parâmetro que está diretamente ligado a sobrevivência da bactéria (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis), evitando assim a proliferação de outros microrganismos indesejados e a fase de declive das mesmas, o pH deve ser observado com cautela, pois por ter uma faixa de desenvolvimento ótimo com pH entre 6,5 e 7,0. Segundo Butel (2014), há uma redução da sua multiplicação com pH inferior a 5,0; logo as amostras obtidas em pó, ainda estão em condições favoráveis à sobrevivência do microrganismo probiótico na polpa de cajá.

Estatisticamente, não houve diferença entre as amostras ao nível de significância estabelecido no teste de Tukey, ratificando que não houve influência das variáveis de secagem alteradas durante o planejamento no pH do produto final obtido em cada ensaio. Seguindo a mesma argumentação, é possível reiterar que o pH não foi alterado em valor significativo quando comparado com a polpa probiótica líquida, conforme Tabela 2 (6,033).

A acidez manteve um comportamento baseado na temperatura de secagem, havendo aumento ao utilizar uma temperatura de entrada maior, e uma redução ao utilizar valores menores, como no experimento 2 e 1, respectivamente. Esse comportamento é aceitável pelo fato de que ao reduzir a quantidade de água presente na polpa probiótica de cajá, há uma concentração de alguns nutrientes e compostos, como os ácidos orgânicos: com isso, quanto

maior a temperatura do processo maior a eficácia da redução de água e, conseqüentemente, maior acúmulo dos ácidos, como o ácido cítrico presente na polpa, resultando no aumento da acidez (NUNES et al., 2017).

Tabela 5 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem

EXP.	T _{in} (°C)	C _{MALTO} (%)	C _{INU} (%)	pH	AT (% C ₆ H ₈ O ₇)	TA (%)	TS (%)	FT (mg/g)	AA (mg/g)	CR (mg/g)	CT (mg/100g)
1	50	2,5	2,5	5,866 ±	1,022 ±	21,183 ±	78,816 ±	132,783	1,309 ±	1,13E-4 ±	0,194 ±
				0,015a	0,015c	0,326a	0,326e	± 1,579a	0,006a	1,98 E-6h	0,0005a
2	70	2,5	2,5	5,853 ±	1,087 ±	16,386 ±	83,613 ±	107,543	1,124 ±	1,10E-4 ±	0,163 ±
				0,005a	0,013a	0,453d	0,453b	± 1,397c	0,002a	2,1E-6h	0,0036b
3	50	7,5	2,5	5,88 ±	1,027 ±	18,43 ±	81,57 ±	95,856 ±	0,937 ±	1,56E-4 ±	0,165 ±
				0,01a	0,311c	0,368b	0,367d	4,003i	0,0006b	2,8E-6f	0,0005b
4	70	7,5	2,5	5,87 ±	1,078 ±	15,616 ±	84,383 ±	93,266 ±	0,918 ±	1,28E-4 ±	0,116 ±
				0,01a	0,01a	0,81d	0,381a	3,379l	0,001b	2,97E-5g	0,0012g
5	50	2,5	7,5	5,87 ±	1,026 ±	18,810 ±	81,19 ±	102,950	1,097 ±	2,10E-4 ±	0,148 ±
				0,01a	0,02a	0,228b	0,228d	± 1,265d	0,004a	1,36E-6b	0,001d
6	70	2,5	7,5	5,863 ±	1,082 ±	15,58 ±	84,42 ±	93,546 ±	0,981 ±	1,82E-4 ±	0,132 ±
				0,005a	0,006a	0,502d	0,502a	2,192j	0,001b	1,49E-6d	0,0019f
7	50	7,5	7,5	5,862 ±	1,022 ±	18,476 ±	81,524 ±	115,807	0,750 ±	2,52E-4 ±	0,155 ±
				0,005a	0,015c	0,33b	0,33d	± 0,347b	0,005c	1,63E-6a	0,0001c
8	70	7,5	7,5	5,873 ±	1,083 ±	15,136 ±	84,863 ±	100,127	0,744 ±	2,20E-4 ±	0,121 ±
				0,005a	0,027a	0,366d	0,366a	± 1,62e	0,0002c	2,14E-6c	0,0003f
9	60	5,0	5,0	5,863 ±	1,056 ±	17,7 ±	82,3 ±	96,805 ±	0,963 ±	1,73E-4 ±	0,124 ±
				0,005a	0,013b	0,262c	0,262c	0,868h	0,0009b	5,98E-8e	0,0003f
10	60	5,0	5,0	5,862 ±	1,057 ±	17,536 ±	82,463 ±	98,916 ±	0,988 ±	1,74E-4 ±	0,124 ±
				0,005a	0,018b	0,335c	0,335c	0,307f	0,002b	7,07E-7e	0,0005f
11	60	5,0	5,0	5,876 ±	1,055 ±	17,49 ±	82,51 ±	98,005 ±	0,992 ±	1,73E-4 ±	0,123 ±
				0,01a	0,015b	0,327c	0,327c	1,98g	0,001b	8,77E-7e	0,0008f

T_{in}: Temperatura de entrada; C_{MALTO}: Concentração de maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina. AT: Acidez titulavel; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; CR: Carboidratos redutores; CT: Carotenoides totais. C₆H₈O₇: ácido cítrico. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (P ≤ 0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao analisar o valor da acidez na polpa probiótica líquida, conforme Tabela 2, é possível constatar a afirmativa de Nunes et al. (2017), pois devido à alta quantidade de água presente na amostra citada, sua acidez é quantificada em 0,274 % de ácido cítrico, valor esse inferior ao

observado nas amostras submetidas ao processo de secagem e, conseqüentemente, a concentração das substâncias presentes. Quanto ao comportamento estatístico, houve diferença significativa entre as amostras com diferentes temperaturas, seja 50, 60 ou 70°C, havendo um agrupamento de cada uma, confirmando assim a hipótese levantada anteriormente.

Com o intuito de tornar os produtos oriundos de frutas (como as polpas) com maior valor comercial, a aplicação das técnicas de secagem age na redução da água presente nas mesmas, resultando, conseqüentemente, em diminuição do teor de água e aumento do teor total de sólidos (FONTES et al., 2018). Esse comportamento é facilmente observado no presente estudo, onde os ensaios com maior temperatura de entrada (70°C) originou amostras em pó com menor teor de água e, por conseguinte, maior teor de sólidos; o inverso ocorreu com as amostras com as temperaturas inferiores, de 50 e 60°C.

Por se tratar de uma secagem em um produto que tem uma resistência a temperaturas elevadas, devido a sobrevivência da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, onde a mesma, segundo Butel (2014), multiplica-se em ambientes com temperatura entre 20 e 46°C, podendo iniciar o declive ou morte a 60 °C, existiu uma maior precaução para interligar a sobrevivência das bactérias e a qualidade do produto final. Contudo, os resultados obtidos foram satisfatórios, com intervalo de 15,13 a 21,183% para teor de água e 78,81 a 84,863% para teor de sólidos: esse mesmo comportamento pode ser observado em outros estudos com secagem em leito de jorro de polpa de cajá, como verificado por Alves et al. (2017) ao realizarem secagens com as mesmas temperaturas utilizadas no presente estudo.

As demais variáveis, concentração de maltodextrina e de inulina também permitiram influência no teor de sólidos final das amostras em pó, onde ao analisar o comportamento do ensaio 1, com menor concentração de maltodextrina (2,5%) e inulina (2,5%) e o ensaio 8, com maior concentração (7,5% de cada), é possível atentar que seus respectivos teores de sólidos foram 78,816 e 84,863%, ocasionando em um desempenho dentro do observado, no qual quanto maior a quantidade de suprimentos (maltodextrina e inulina) adicionados maior o teor de sólidos no produto em pó final, e vice-versa.

Quanto ao comportamento estatístico em ambos os parâmetros, teor de água e teor de sólidos, houve diferença significativa entre as amostras, devido ao comportamento verificado conforme a relação das variáveis com esses parâmetros citados.

Sendo os compostos fenólicos substâncias que agregam aos alimentos elevada capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória no organismo, devem ser mantido em quantidades suficientes há garantir sua eficácia, mesmo não havendo uma dose diária recomendada (FERNÁNDEZ et al., 2018). Nos ensaios obtidos, após a secagem, observa-se

uma redução do teor de fenólicos quando comparados com a polpa probiótica líquida: uma justificativa para a diminuição desse teor pode ser baseada na exposição a elevadas temperaturas.

Contudo, as amostras apresentam valores relevantes e com maior representatividade nos ensaios 1 (137,783mg/g) e 7 (115,807mg/g), onde tem-se menor temperatura em ambos, mas com concentrações de maltodextrina e inulina respectivamente menores e maiores, podendo assim haver influência da adição do adjuvante e microencapsulante para esse parâmetro. Todas amostras difeririam significativamente entre si, mostrando assim a particularidade de cada experimento executado, variando de 93,266mg/g (experimento 4) a 132,783mg/g (experimento1).

O teor de ácido ascórbico sofreu uma redução bastante significativa, quando comparado com o valor na Tabela 2 (15,555 mg de ácido ascórbico/g), sendo esse comportamento semelhante ao observado no teor de fenólicos, devido a degradação pelo contato com temperaturas elevadas durante a secagem. As quantificações obtidas variaram de 0,744 a 1,309mg/g, havendo diferença significativa entre as amostras ao nível de significância estabelecido.

A confirmação da ação da temperatura em função dos compostos bioativos se comprova mais uma vez, pois os experimentos realizados com uma temperatura de secagem de 50°C obtiveram valores maiores que os a 70°C com as mesmas porcentagens de maltodextrina e inulina: além disso, nota-se que os maiores níveis de maltodextrina e inulina (experimentos 7 e 8) quantificaram os menores teores de ácido ascórbico dentre os 11 experimentos, observando uma influência negativa dos mesmos em relação a estabilidade das características organolépticas da polpa líquida probiótica.

Seguindo o mesmo desempenho, o parâmetro carboidratos redutores também mostrou uma redução, verificando-se que existe diferença significativa a 5% de probabilidade entre as amostras, variando de $1,10E-4$ a $2,52E-4$ mg/g. Os experimentos 7 e 8 mostraram maiores resultados, sendo respectivamente $2,52E-4$ e $2,20E-4$ mg/g, sendo justificados pela maior concentração de maltodextrina e inulina nos dois experimentos de secagem, resultando assim em teores mais elevados por se tratar de dois carboidratos de alto peso molecular, influenciado assim diretamente na quantificação final das amostras em pó, onde o mesmo comportamento se observa nos experimentos 1 e 2, que contêm menores concentrações dos mesmos.

Os carotenoides são um grupo de corantes naturais que se destacam por apresentar atividade biológica, de forma a promover benefícios a saúde com atividade provitamina A e antioxidante (MESQUITA; TEIXEIRA; SERVULO, 2017). Por esse motivo, além de designar

a coloração, amarela, característica dos frutos de cajá, o carotenoide também é de fundamental importância a composição centesimal dos produtos derivados do fruto.

Nas amostras obtidas após a secagem, podemos observar que ao elevar a temperatura de secagem a 70°C, obtêm-se uma redução nos carotenoides. Devido a degradação ocasionada pela alta temperatura, esse comportamento é facilmente notado nos experimentos 1 e 2, onde foram utilizados respectivamente 50 e 70°C, obtendo valores de 0,194 e 0,163mg/100g.

Outro ponto verificado, é que ao adicionar as máximas concentrações de maltodextrina e inulina (que são caracterizados por ser, ambos, um pó de cor branca), também há uma redução dos carotenoides, sendo ocasionada pela mudança de coloração devido ao excesso dos suprimentos inseridos: essa ação é prontamente analisada nas amostras 2 e 8 que englobam os níveis extremos do delineamento experimental (Tabela 2), onde na amostra 2 temos 2,5% de cada e na amostra 8, temos 7,5% de cada concentração, sendo ambos os processos de secagem com a temperatura de 70°C, onde os resultados obtidos são, respectivamente, 0,163 e 0,194. As amostras apresentaram diferença significativas entre si, pelo fato de ser verificado uma diversificação dos resultados devido aos fatores já discutidos.

4. Conclusão

A polpa antes do processo de secagem apresentou valores consideráveis e típicos do cajá, mesmo após inoculação da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. O processo de secagem em leiro de jorro de polpa de cajá probiótica mostrou-se economicamente viável, por apresentar melhores resultados ao utilizar baixas concentrações de maltodextrina e inulina, além da baixa temperatura, havendo um menor gasto energético e garantindo a sobrevivência das bactérias presentes. Nos 11 ensaios de secagem observou-se uma caracterização físico-química e química bem semelhantes, havendo variações pequenas por influência das variáveis do processo.

Com isso, é possível ultimar o estudo verificando a eficácia do método de secagem utilizado e na correlação das respostas obtidas, garantindo um produto final com o número de células vivas que o mantem como alimento probiótico.

5. Referências bibliográficas

ALVES, N. N.; DE OLIVEIRA SANCHO, S.; DA SILVA, A. R. A.; DESOBRY, S.; DA COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Spouted bed as an efficient processing for probiotic orange juice drying. **Food Research International**, v.101, p. 54-60, 2017.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**, 2019.

ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 17–24, 2013.

A.O.A.C, Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

BUTEL, M.-J. Probiotics, gut microbiota and health. **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 44, n. 1, p. 1–8, 2014.

DE MAN, J. C.; ROGOSA, M.; SHARPE, M. E. A medium for the cultivation of *Lactobacilli*. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 23, n. 1, p. 130–135, 1960.

FERNÁNDEZ, M. A.; ESPINO, M.; GOMEZ, F. J.; SILVA, M. F. Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. **Food Chemistry**, v. 239, p. 671-678, 2018.

FERREIRA, S.; ARAUJO, T.; SOUZA, N.; RODRIGUES, L.; LISBOA, H. M.; PASQUALI, M.; ROCHA, A. P. Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango Kernel starch. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 1, p. 100012, 2019.

FRANCISCO, De A. S. E S.; CARLOS, A. V. De A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 2016.

FONTES, A. S.; LEITE-NETA, M. T.; MATOS, P.; ARAÚJO, H. C.; JESUS, M.; RAJKUMAR, G.; NARAIN, N. **Aroma retention during drying of cajá-umbu fruit pulp.**

Anais - Universitat Politècnica València, 11 set. 2018Disponível em: <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IDS/IDS2018/paper/view/7811>>. Acesso em: 8 jan. 2020

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations; World Health Organization (EDS.). **Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations: World Health Organization, 2006.

ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive *Lactobacillus acidophilus* on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C. IDF Publications Catalogue, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>. Acesso em: 27 ago. 2019

JOSHI, D.; ROY, S.; BANERJEE, S. Prebiotics. In: **Natural Products and Drug Discovery**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 507–523.

KELLER, TH.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, 1977.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.

MATTIETTO, R. A.; MATTA, V. M. Cajá (*Spondias mombin* L.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Woodhead Publishing, p. 330- 353, 2011.

MESQUITA, S. DA S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoids: Properties, applications and market. **Revista Virtual de Química**, p. 672–688, 2017.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, 1959.

NETO, J. R. C. Aspectos de qualidade de frutos de cajá-mangueira: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 1, p. 111–130, 2019.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. D.; & SILVA, F. D. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 41, 2017.

OLADUNJOYE, A. O.; ADEBOYEJO, F. O.; OKEKUNBI, T. A.; ADERIBIGBE, O. R. Effect of thermosonication on quality attributes of hog plum (*Spondias mombin* L.) juice. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 70, p. 105316, 2021.

PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D.; WALTER, E. H.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT**, v. 74, p. 21–25, 2016.

PANGHAL, A.; JANGHU, S.; VIRKAR, K.; GAT, Y.; KUMAR, V.; CHHIKARA, N. Potential non-dairy probiotic products—A healthy approach. **Food bioscience**, v. 21, p. 80-89, 2018.

RODRIGUES, M. I., & IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Cárita Editora, 3ª ed. – Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2014.

ROCHA, A. P. T., LISBOA, H. M., ALSINA, O. L. S., & SILVA, O. S. Coating process of *Phyllanthus niruri* Linn granules using spouted bed - **Powder technology**, v. 336, p. 85-91, 2018.

RUSU, E.; ENACHE, G.; CURSARU, R.; ALEXESCU, A.; RADU, R.; ONILA, O.; RADULIAN, G. Prebiotics and probiotics in atopic dermatitis. **Experimental and therapeutic medicine**, v. 18, n. 2, p.926-931, 2019.

SILVINO, R.; SILVA, G.; SANTOS, O. V. Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (*Spondias Mombin* L.). **Revista Desafios**, v. 4. n. 2, p. 03-11, 2017.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

TERPOU, A.; PAPADAKI, A.; LAPPA, I. K.; KACHRIMANIDOU, V.; BOSNEA, L. A.; KOPSAHELIS, N. Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. **Nutrients**, v.11, n.7, p.1591, 2019.