



**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

TESE

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

**SECAGEM DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA
PROBIÓTICA EM LEITO DE JORRO E LIOFILIZADOR**

ALINE PACHECO ALBUQUERQUE

CAMPINA GRANDE- PB

NOVEMBRO, 2021

ALINE PACHECO ALBUQUERQUE

**SECAGEM DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA
PROBIÓTICA EM LEITO DE JORRO E LIOFILIZADOR**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

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

CAMPINA GRANDE – PB

NOVEMBRO, 2021

A345s Albuquerque, Aline Pacheco.
Secagem da polpa de umbu-cajá com adição de cultura
probiótica em leite de jorro e liofilizador / Aline Pacheco
Albuquerque. – Campina Grande, 2021.
129 f. : il.

Tese (Doutorado 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. *Spondias*. 2. *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis 3.
Bifidobactérias. 4. Desidratação. 5. Viabilidade. 6.
Armazenamento. 7. Alimento Funcional. I. Rocha, Ana Paula
Trindade. II. Título.

CDU 634.442(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

ALINE **PACHECO**
ALBUQUERQUE

SECAGEM DA POLPA DE UMBUCAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA EM LEITO DE JORRO E LIOFILIZADOR□

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 29/11/2021

Ana Paula Trindade Rocha – Orientadora – PPGEA/CTRNUFCG
Josivanda Palmeira Gomes – Examinadora Interna - PPGEA/CTRNUFCG
Matheus Augusto Bittencourt Pasquali – Examinador Externo - UAEAL/CTRNUFCG
Mônica Tejo Cavalcanti - Examinadora Externa - INSA/ MCTI



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, COORDENADOR DE POS-GRADUACAO**, em 01/12/2021, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MONICA TEJO CAVALCANTI, PROFESSOR 3 GRAU**, em 13/12/2021, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANA PAULA TRINDADE ROCHA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 14/12/2021, às 08:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MATHEUS AUGUSTO DE BITTENCOURT PASQUALI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/12/2021, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1985840** e o código CRC **769D40EF**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Maria Alice e Juscelino (in memoriam) por todos os ensinamentos acerca da importância do estudo e tudo que ele pode proporcionar, obrigada por sempre me fornecerem a liberdade de poder ser o que eu desejasse se preocupando apenas com minha felicidade ao executar qualquer profissão. Como sou grata pela confiança de abrir mão da presença de um filho para que ele fosse rumo ao desconhecido para se tornar o que ele quisesse. Hoje entendo o quanto ficar longe pode ser extremamente difícil. Ao meu pai deixo aqui além do meu agradecimento, a realização do sonho de ver sua filhota doutora. Eu vou conseguir painho!

À minha família, meu marido Gabriel e minha filha Isadora, em vocês eu busco a força que preciso, vocês emanam o amor da maneira mais grandiosa, me fazem sentir cercada de luz e pureza, com toda certeza só consegui chegar onde cheguei porque sempre soube que minha vitória seria para vocês.

À minha orientadora Ana Paula, durante todos esses anos como sua orientanda pude ter um crescimento gigantesco e não falo apenas do âmbito acadêmico, pois construímos um vínculo de amizade, admiração e confiança. Lhe agradeço por ter sido sempre humana acima de qualquer ensinamento, obrigada por cada conselho e preocupação com meu bem-estar, obrigada por compartilhar comigo a certeza de que eu sou capaz de conquistar tudo que posso almejar.

À professora Josivanda Palmeira deixo meu agradecimento como docente e coordenadora, cargo esse que desenvolve com maestria, muito obrigada professora por vir sempre me acompanhando desde o início do meu ingresso na pós-graduação, oferecendo todo o suporte e auxílio durante essa caminhada com bastante leveza sempre nos enchendo de alegria.

Ao professor Matheus agradeço por ter acolhido e discutido minhas ideias e sempre se mostrar solícito, obrigada por toda a confiança depositada e por ter contribuído tão grandemente na minha vida acadêmica durante esses últimos anos.

À professora Mônica Tejo por ter recebido com carinho o convite de participar da minha banca, mesmo em meio a tantos compromissos, sei que suas contribuições serão de fundamental importância na disseminação desse trabalho, tenho uma admiração gigante por toda sua história e pela carreira admirável que vem construindo sendo exemplo de profissional.

À toda equipe do NUPEA, em especial Eliane, Isanna, Elaine e Michely, minhas amigas de vida, quantos ensinamentos já compartilhamos, quantos conselhos dividimos, vocês tornaram essa jornada mais fácil por sempre mostrarem que tudo é possível, basta acreditar.

Aos colegas da pós-graduação em Engenharia Agrícola, em especial Thais Araújo e Daniela Dantas, cada uma me ajudou à sua maneira de uma forma única e mais do que especial, obrigada por literalmente não saírem do meu lado em nenhum momento em meio a tantas provas que precisei enfrentar, obrigada meninas por segurarem na minha mão em meio aos desafios, obrigada pelas conversas, risadas e vitórias que podemos usufruir juntas. Meu agradecimento a Vinícius, Yolanda, Jonas, Juliana e todos que compartilharam do seu tempo e conhecimento para o desenvolvimento desse projeto pois nada foi construído sozinho.

À CAPES agradeço pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade da realização dos meus estudos e pesquisa.

Por fim, minha gratidão a todos que contribuíram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Objetivo geral	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Umbu-cajá (<i>Spondias mombin</i> X <i>Spondias tuberosa</i>)	4
2.2 Alimentos funcionais	6
2.3 Probióticos	7
2.4 Métodos de secagem	9
2.4.1 Secagem em leito de jorro	10
2.4.2 Secagem em liofilizador	12
2.5 Adjuvantes de secagem e microencapsulantes	13
2.6 Polpas de frutas em pó como alimentos probióticos.....	14
3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	14
3.1 Matéria-prima	16
3.2 Processamento da polpa integral de umbu-cajá	16
3.3 Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá integral	17
3.3.1 pH.....	18
3.3.2 Acidez total	18
3.4.3 Teor de água	18
3.3.4 Teor de sólidos totais	18
3.3.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)	18

3.3.6 Açúcares redutores	18
3.3.7 Quantificação dos compostos fenólicos totais	19
3.3.8 Teor de ácido ascórbico.....	19
3.3.9 Quantificação dos carotenóides totais	19
3.4 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR).....	19
3.5. Inoculação	20
3.6 Estudo cinético para obtenção da polpa de umbu-cajá probiótica.....	20
3.7 Caracterização físico-química, química e antioxidante da polpa probiótica	21
3.9 Viabilidade durante armazenamento da polpa probiótica de umbu-cajá líquida.....	21
3.10 Delineamento experimental para secagem da polpa de umbu-cajá em leito de jorro...	21
3.11 Secagem em leito de jorro para obtenção da polpa probiótica em pó	22
3.12 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em leito de jorro ..	23
3.13 Delineamento experimental para secagem da polpa de umbu-cajá em liofilizador.....	23
3.14 Secagem em liofilizador para obtenção da polpa probiótica em pó	23
3.15 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em liofilizador	24
3.15.1 Densidade aparente	24
3.15.2 Densidade compactada.....	24
3.15.3 Fator de Hausner e o índice de compressibilidade.....	25
3.15.4 Solubilidade.....	25
3.15.5 Molhabilidade.....	26
3.16 Análise estatística dos dados.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
ARTIGO 1.....	28
VIABILIDADE DA BACTÉRIA PROBIÓTICA (<i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i>) EM POLPA DE UMBU-CAJÁ	28
1. Introdução	29
2. Materiais e métodos.....	31

2.1	Processamento da polpa <i>in natura</i>	31
2.2	Estudo cinético para obtenção da polpa probiótica.....	31
2.3	Caracterização físico-química e química das polpas <i>in natura</i> e probiótica	32
2.4	Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica	32
2.5	Viabilidade da polpa probiótica durante armazenamento.....	32
2.6	Análise estatística	33
3.	Resultados e discussão.....	34
3.1	Estudo cinético para obtenção da polpa probiótica de umbu-cajá.....	34
3.2	Caracterização físico-química e química das polpas <i>in natura</i> e probiótica	37
3.3	Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica	39
3.4	Viabilidade da polpa probiótica durante armazenamento sob refrigeração.....	40
4.	Conclusão	44
5.	Referências Bibliográficas	44
ARTIGO 2	49
SECAGEM EM LEITO DE JORRO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA.....	49
1. Introdução	49
2. Material e Métodos.....	53
2.1	Matérias-primas e processamento da polpa <i>in natura</i>	53
2.2	Inoculação do microrganismo.....	53
2.3	Delineamento experimental para o processo de secagem da polpa probiótica em leite de jorro.....	53
2.4	Secagem em leite de jorro para obtenção da polpa probiótica em pó	55
2.5	Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá probiótica líquida e em pó	55
2.6	Análise estatística	56

3. Resultados e Discussão	57
3.1 Delineamento experimental para secagem da polpa probiótica em leito de jorro	57
3.1.1 Variáveis dependentes	57
3.1.2 Coeficientes de regressão	59
3.1.3 Superfícies de resposta	61
3.2 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica líquida e em pó	66
4. Conclusão	72
5. Referências bibliográficas	73
ARTIGO 3	78
LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA	78
1. Introdução	79
2. Materiais e Métodos	79
2.1 Matérias-primas e processamento da polpa <i>in natura</i>	80
2.2 Inoculação do microrganismo	80
2.3 Delineamento experimental para secagem da polpa de umbu-cajá em liofilizador	80
2.4 Secagem em liofilizador para obtenção da polpa probiótica em pó	82
2.5 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em liofilizador	82
2.6 Análise estatística dos dados	82
3. Resultados e Discussão	84
3.1 Delineamento experimental para secagem da polpa probiótica em liofilizador	84
3.1.1 Variáveis dependentes	84
3.1.2 Coeficientes de regressão	85
3.1.3 Superfícies de resposta	87
3.2 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica líquida e em pó	89
3.3 Caracterização das propriedades físicas da polpa probiótica liofilizada	94
4. Conclusão	95

5. Referencias Bibliográficas	99
5. CONCLUSÕES GERAIS	103
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

LISTA DE TABELAS

<u>ARTIGO 1</u> Viabilidade da bactéria probiótica (<i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis) em polpa de umbu-cajá	
Tabela 1 - Caracterização das polpas de umbu-cajá, <i>in natura</i> e probiótica.....	38
Tabela 2 - Análise da viabilidade da polpa de umbu-cajá probiótica e solução controle (meio de cultura MRS com cisteína 0,05%)	42
<u>ARTIGO 2</u> Secagem em leito de jorro da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica	
Tabela 1 - Níveis reais e codificados das variáveis de entrada.....	54
Tabela 2 - Matriz de planejamento fatorial 2 ³ com 3 repetições no ponto central.....	54
Tabela 3 - Resultados das variáveis dependentes obtidos mediante delineamento experimental.....	57
Tabela 4 - Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis.....	59
Tabela 5 - Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá probiótica em base úmida.....	66
Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem.....	68
<u>ARTIGO 3</u> Liofilização da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica	
Tabela 1 - Níveis reais e codificados das variáveis de entrada.....	82
Tabela 2 - Matriz de planejamento fatorial 2 ² com 3 repetições no ponto central.....	82
Tabela 3 - Resultados das variáveis dependentes obtidos mediante delineamento experimental.....	84
Tabela 4 - Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis.....	84
Tabela 5 - Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá probiótica em base úmida.....	90
Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem.....	92

Tabela 7 - Caracterização das propriedades físicas da polpa probiótica em pó liofilizada....95

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma de processamento da polpa de umbu-cajá.....	18
<u>ARTIGO 1</u> Viabilidade da bactéria probiótica (<i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis) em polpa de umbu-cajá	
Figura 1 - Valores de pH (a) e acidez (b) durante estudo cinético para desenvolvimento da cultura probiótica <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis (LAFTI® B94).....	35
Figura 2 - Contagem do número de células viáveis (NCV) da cultura probiótica <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis (LAFTI® B94) durante estudo cinético.....	37
Figura 3 - Análise do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) das polpas de umbu-cajá integral e probiótica: A) TRAP polpa integral; B) TRAP polpa probiótica; C) TAR polpa integral; D) TAR polpa probiótica.....	40
<u>ARTIGO 2</u> Secagem em leito de jorro da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica	
Figura 1 - Superfícies de resposta da variável rendimento para: interação de maltodextrina (%) e da temperatura (A); interação da concentração de inulina (%) e da temperatura (B) e interação das concentrações de maltodextrina (%) e inulina (%) (C).....	62
Figura 2 - Superfícies de resposta da variável número de células viáveis para interação de maltodextrina (%) e da temperatura (A); interação da concentração de inulina (%) e da temperatura (B) e interação das concentrações de maltodextrina (%) e inulina (%) (C).....	64
<u>ARTIGO 3</u> Liofilização da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica	
Figura 1 - Superfície de resposta da variável rendimento para interação da concentração de maltodextrina (%) e inulina (%)	88
Figura 2 - Superfície de resposta da variável número de células viáveis para interação da concentração de maltodextrina (%) e inulina (%)	89

RESUMO

Visando melhorar o potencial tecnológico da polpa de umbu-cajá, o presente trabalho objetivou produzir, por meio dos processos de secagem em leito de jorro e liofilizador, uma polpa de umbu-cajá em pó com propriedade probiótica mediante adição da cultura *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. Foram preparadas diferentes formulações, conforme o processo de secagem, utilizando delineamento experimental, onde analisou-se a influência das variáveis independentes (temperatura de entrada e as concentrações de maltodextrina e inulina) sob as variáveis dependentes de número de células viáveis e rendimento, avaliando a qualidade oferecida no produto final e na eficiência do processo. Foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos, químicos e de atividade antioxidante na polpa *in natura* e probiótica, resultante de estudo cinético, bem como a avaliação da viabilidade da cultura probiótica na polpa líquida durante armazenamento sob refrigeração (4 ± 2 °C) por 28 dias, com análises nos dias 1, 7, 14, 21 e 28, do número de células viáveis, pH e acidez. Para a polpa de umbu-cajá probiótica em pó, resultante do processo de secagem em leito de jorro, foram realizadas as determinações físico-químicas e químicas com fins comparativos com a polpa líquida, bem como para as polpas obtidas através do processo de liofilização, onde também foram avaliados os aspectos físicos do pó. Por meio dos resultados encontrados foi possível constatar a viabilidade da cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de umbu-cajá probiótica líquida, durante 28 dias de armazenamento, e a capacidade antioxidante. Ao final dos processos de secagem foram obtidas polpas com baixo teor de água e concentração de componentes bioativos: os pós ofereceram estabilidade para a cultura probiótica assegurando uma contagem no número de células viáveis dentro dos parâmetros exigidos para seu enquadramento como um alimento funcional.

Palavras-chave: *Spondias*, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, bifidobactérias, desidratação, viabilidade, armazenamento, alimento funcional.

ABSTRACT

Aiming to improve the technological potential of umbu-cajá pulp, the present work aimed to produce, by means of spouted bed drying and freeze-drying processes, a powdered umbu-cajá pulp with probiotic properties by adding the culture *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*. Different formulations were prepared, according to the drying process, using an experimental design, where the influence of independent variables (inlet temperature and maltodextrin and inulin concentrations) was analyzed on the dependent variables of viable cell number and yield, evaluating the quality offered in the final product and in the efficiency of the process. Analyzes of physicochemical, chemical and antioxidant activity parameters in fresh and probiotic pulp were carried out, resulting from a kinetic study, as well as the evaluation of the viability of the probiotic culture in liquid pulp during refrigerated storage (4 ± 2 °C) for 28 days, with analyzes on days 1, 7, 14, 21 and 28, of the number of viable cells, pH and acidity. For the powdered probiotic umbu-cajá pulp, resulting from the spouted bed drying process, physicochemical and chemical determinations were carried out for comparative purposes with the liquid pulp, as well as for the pulps obtained through the freeze-drying process, where the physical aspects of the powder were also evaluated. Through the results found, it was possible to verify the viability of the probiotic culture *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* in the liquid probiotic umbu-cajá pulp, during 28 days of storage, and the antioxidant capacity. At the end of the drying processes, pulps with low water content and concentration of bioactive components were obtained: the powders offered stability for the probiotic culture, ensuring a count in the number of viable cells within the parameters required for its classification as a functional food

Keywords: *Spondias*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*, bifidobacteria, dehydration, viability, storage, functional food.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos recentemente buscando analisar e estudar a influência da pandemia da Covid-19 em diferentes setores. Uma pesquisa realizada pelo Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da Universidade de São Paulo (Nupens/USP) detectou sinais de que a pandemia teve um efeito benéfico nos hábitos alimentares dos brasileiros: estes passaram a consumir, com mais regularidade, alimentos saudáveis como frutas e hortaliças (STEELE et al., 2020).

O Brasil, quando comparado a outros países, apresenta vasta possibilidade de produção variada de frutas, destacando-se no cenário mundial devido sua ampla área territorial com condições climáticas e posição geográfica privilegiada, o que torna possível a acessibilidade de cultivo das mais inúmeras espécies frutíferas. Avaliando essa gama de biodiversidade podemos destacar as frutas do gênero *Spondias* por apresentarem importância econômica significativa na região do nordeste brasileiro (SANTOS et al., 2018; RESENDE et al., 2019). Pertencente à família Anacardiaceae, esse gênero é constituído por cerca de 18 espécies, das quais, as mais comumente conhecidas são: cajazeira (*Spondias mombim* L.); umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara); serigueleira (*Spondias purpurea* L.) e umbu-cajazeira (*Spondias* spp.) (SILVA et al., 2015).

A possível utilização da polpa de *Spondias* pela indústria (como principal elemento de diversos produtos alimentícios, buscando suprir as necessidades nutricionais e promoção de vida mais saudável) demonstra um papel importante, principalmente no sentido de promover o desenvolvimento de alimentos funcionais, conforme vem sendo requerido pela população, em geral, nos tempos de pandemia, uma vez que o hábito da alimentação saudável, dentre os muitos benefícios, é a forma mais eficiente para prevenir doenças infecciosas ou metabólicas.

Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, pesquisas recentes destacam os probióticos (PAIM et al., 2016; CARVALHO et al., 2017; LEITE et al., 2018). Os probióticos são definidos como “microrganismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro” (HILL et al., 2014). As bactérias mais amplamente utilizadas, em alimentos probióticos, são pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (KANDYLIS et al., 2016).

Mesmo se tornando alvo de pesquisas com grande relevância sobre aspectos positivos à saúde (como por exemplo, o uso de probióticos em tratamentos alternativos para ansiedade e depressão, que analisam a correlação entre a microbiota e a saúde mental), as bífidobactérias

ainda possuem um uso reduzido quando comparado ao das bactérias lácticas (COSTA et al. 2020; HOLKEM et al., 2016).

Tradicionalmente, na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos lácteos. Porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos não lácteos, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, intolerantes à lactose e alérgicos às proteínas do leite: sendo assim, 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; ALVES et al., 2016; GRANATO et al., 2019).

Desta maneira, 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), onde para a microencapsulação de probióticos são utilizados métodos de secagem, como a atomização, a fluidização e a liofilização (DIMITRELLOU et al., 2016).

A importância de adquirir alimentos saudáveis e como mantê-los em bom estado para consumo é de suma importância, tendo em vista que os alimentos devem ser bem acondicionados, em condições que proporcionem uma maior vida útil, de acordo com suas especificações.

Logo, propondo aumentar o período de armazenamento e, conseqüentemente, o tempo de prateleira, a obtenção e preservação de polpas de frutas probióticas em pó, através de técnicas de secagem, pode ser utilizada como uma excelente alternativa para a agroindústria, tanto para manutenção da viabilidade dos microrganismos durante o armazenamento prolongado (BROECKX et al., 2016), quanto das propriedades funcionais, protegendo-as contra condições adversas durante a estocagem (HUANG et al., 2016).

1.1 Objetivo geral

Utilizar a polpa de umbu-cajá para incorporação da cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) submetida a secagem em leito de jorro e liofilização, visando a obtenção de uma polpa probiótica em pó.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa de umbu-cajá quanto aos parâmetros físico-químicos, químicos e atividade antioxidante;

- Realizar estudo cinético para inoculação da bactéria probiótica (*Bifidobacterium animalis ssp. lactis*) na polpa, para avaliar as melhores condições para enquadramento como alimento probiótico;
- Inocular a bactéria probiótica nas condições pré-estabelecidas com a realização do estudo cinético;
- Caracterizar a polpa probiótica quanto aos parâmetros físico-químicos, químicos, atividade antioxidante e número de células viáveis;
- Avaliar a viabilidade da cultura probiótica na polpa integral de umbu-cajá durante armazenamento, sob refrigeração (4 ± 2 °C) por um período de 28 dias, realizando análises dos parâmetros de pH, acidez total e número de células viáveis, nos dias 1, 7, 14, 21 e 28;
- Obter a matriz experimental, mediante delineamento fatorial, para o estudo da influência das variáveis independentes de temperatura de entrada, concentração de maltodextrina e inulina no processo de secagem utilizando leito de jorro;
- Realizar o processo de secagem em leito de jorro das polpas probióticas formuladas e avaliar a influência das variáveis de entrada sobre as variáveis respostas de rendimento e número de células viáveis;
- Caracterizar a polpa probiótica de umbu-cajá em pó, obtida no processo de secagem em leito de jorro, quanto aos parâmetros físico-químicos, químicos e número de células probióticas viáveis;
- Obter a matriz experimental, mediante delineamento fatorial, para o estudo da influência das variáveis independentes de concentração de maltodextrina e inulina no processo de secagem utilizando liofilizador;
- Realizar o processo de secagem por liofilização das polpas probióticas formuladas e estudar a influência das variáveis de entrada sobre as variáveis dependentes de rendimento e número de células viáveis;
- Caracterizar a polpa probiótica de umbu-cajá em pó, resultante da liofilização, quanto a caracterização física dos parâmetros de: densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner, índice de compressibilidade, solubilidade, molhabilidade; e, quanto aos parâmetros físico-químicos, químicos e número de células probióticas viáveis;
- Avaliar o enquadramento das polpas probióticas em pó resultantes dos processos de secagem em leito de jorro e liofilizador como alimento probiótico, conforme estabelecido pela legislação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Umbu-cajá (*Spondias mombin* X *Spondias tuberosa*)

O Brasil possui uma das maiores biodiversidades do mundo, possibilitando o cultivo de inúmeras espécies frutíferas, sendo muitas delas praticamente desconhecidas e, por isso, muito pouco exploradas comercialmente (VILELA et al., 2019). Entre as frutas com alto potencial agroindustrial destacam-se as *Spondias*: a relevância das espécies desse gênero ocorre devido seus atributos sensoriais de sabor e aroma, que servem de atrativo e classifica-os como exóticos, associando-se uma alta aceitação as suas propriedades nutricionais (COSTA, 2018).

A família Anacardiaceae possui catalogadas no Brasil, 14 gêneros com 57 espécies, destacando-se as *Spondias*, que variam em 53 tipos registrados. O nordeste brasileiro dispõe de uma vasta produção do gênero *Spondias*, possuindo aproximadamente 18 espécies distribuídas, dentre essas, destacam-se: *Spondias mombin* L. (cajazeira), *Spondias purpurea* L. (ciriguela), *Spondias cytherea* Sonn. (cajaraneira), *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (umbuzeiro), além das *Spondias* sp. (umbu cajazeira e umbuguela) que vem despertando interesse, especialmente para a agroindústria e a farmacologia (SILVINO et al., 2017; SAMEH et al., 2018; ROSSINI et al., 2021).

Nessa região existem várias áreas onde as características de clima e solo são especialmente favoráveis ao cultivo de frutas tropicais tidas como exóticas: sendo assim, a produção e o processamento dessas frutas nessa região representam atividades econômicas importantes, não só pela relevante comercialização local, mas também pelo crescimento do mercado nacional e internacional, que justifica a recorrente demanda pela busca no aumento do potencial de exploração socioeconômica desta espécie (SOUSA et al., 2019).

As *Spondias* produzem frutos com aspectos agradáveis de boa aparência com qualidade nutricional. Embora na literatura a origem do fruto seja desconhecida, de acordo com Santos et al. (2021), o umbu-cajá (*Spondias* sp.) é considerado um híbrido natural da cajazeira (*Spondias mombin* L.) com umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), típico da região semiárida do nordeste brasileiro, derivando em uma espécie nativa.

Silva (2018) cita essa espécie como tolerante à escassez hídrica e capaz de atingir de 6 a 8 m de altura, e até 20 m de diâmetro de copa, tendo arquitetura de planta muito semelhante ao umbuzeiro, porém com maior porte. Ainda, caracteriza essa fruta como uma drupa arredondada, de cor amarela, casca fina e lisa, com endocarpo grande, branco, suberoso e

enrugado, localizado na parte central do fruto, no interior do qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente.

De acordo com estudos de Freitas et al. (2016) e Ribeiro et al. (2017), o nordeste brasileiro é uma das regiões onde a polpa de umbu-cajá apresenta grande demanda, dentre as polpas comercializadas. Todavia, como sua industrialização dependente da sazonalidade os períodos entre safra, torna-se um desafio para as agroindústrias que buscam a aplicação de diferentes processos para a manutenção e aproveitamento dessas polpas, além do que, verifica-se um grande desperdício pelo não aproveitamento dos frutos que não apresentam atratividades para o comércio.

Logo, surge a necessidade de desenvolvimento de tecnologias que busquem minimizar essas perdas. A inclusão dos frutos de umbu-cajá, no mercado, tem grandes perspectivas de expansão na comercialização, devido atributos atrativos em suas propriedades, ressaltando o sabor exótico, despertando o interesse da comunidade científica que tem publicado estudos que englobam aspectos de caracterização e aproveitamento podendo, dessa maneira, produzir diversos produtos.

Silva et al. (2015) determinaram as isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma e obtiveram um teor de umidade na monocamada, que favoreceu maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do pó.

Santos et al. (2016) também obtiveram a polpa de umbu-cajá em pó: todavia, utilizando como método de secagem a liofilização, estudaram a estabilidade química e física dos pós durante o armazenamento concluindo, ao final do estudo, pós microbiologicamente seguros.

Sousa et al. (2017) analisaram a qualidade microbiológica e físico-química de polpas de umbu-cajá e cajá comercializadas em Mossoró-RN e com base na legislação vigente verificaram divergências para os dados do umbu-cajá, quando comparados aos do cajá, mostrando a necessidade de uma legislação que estabeleça padrões para essas frutas.

Silva et al. (2018), ao elaborarem cupcakes com adição de farinha de resíduo de umbu-cajá, obtiveram resultados que foram desejáveis com boa aceitabilidade, sendo possível afirmar que a formulação com adição da farinha de umbu-cajá apresentou maior aceitação quanto aos atributos avaliados, proporcionando um produto de forte apelo nutricional, bem como, de sabor diferenciado.

Santos et al. (2021) elaboraram e avaliaram a utilização do umbu-cajá no desenvolvimento de uma cerveja artesanal que, diante da avaliação sensorial, apresentou aceitabilidade dentre a maioria dos provadores.

Salienta-se que Santos et al. (2020) destacaram em seu estudo que a relevância do consumo da polpa de umbu-cajá na região tem despertado interesse para o cultivo desta espécie, embora com escassez de informações sobre o processo de liofilização em polpa desses frutos e seu possível potencial de inserção no mercado.

Uma vez que nos últimos anos, houve um incremento da exploração econômica de produtos e subprodutos dessas espécies frutíferas, atribuído à crescente preocupação do consumidor com relação à dieta e saúde: a produção dessas frutas e seu processamento na região representam atividades econômicas importantes que podem se basear na elaboração de novos alimentos com propriedades funcionais.

2.2 Alimentos funcionais

A aquisição de alimentos funcionais tem aumentado nos últimos anos, onde os consumidores veem a comida como uma forma de melhorar sua saúde e bem-estar, e os fabricantes, como uma oportunidade de aumentar sua produção e responder de forma proativa as necessidades dos mesmos com novos produtos.

Os alimentos funcionais são aqueles que incluem uma variedade de componentes relevantes para melhorar o estado de saúde ou reduzir o risco (não-prevenção) de doenças, ou seja, possuem ação nutricional adequada e podem demonstrar benefícios adicionais em uma ou mais funções do organismo, trazendo melhorias do estado de saúde e bem-estar. Além disso, para que um alimento seja classificado como funcional, suas propriedades sanitárias devem ser apoiadas por evidências científicas (MOHAMMAD et al., 2016; CARVALHO et al., 2017; KÜSTER-BOLUDA e VIDAL-CAPILLA, 2017).

Os alimentos funcionais também podem ser classificados quanto ao componente bioativo presente nele, como fitoquímicos, vitaminas e minerais essenciais, peptídeos bioativos, entre outros (SAAD et al., 2011).

Compreender as percepções, atitudes e comportamentos de compra dos consumidores, em relação aos alimentos funcionais, é de grande importância. Quanto à escolha alimentar, em geral, as razões para comprar e/ou consumir alimentos funcionais são múltiplas e complexas. Embora os achados sejam mistos e contraditórios, a aceitação funcional dos alimentos está intimamente relacionada à crença do consumidor em seu benefício, em geral atribuído no quesito saúde ou recompensa percebida do consumo, bem como sua conveniência, a necessidade percebida de alimentos funcionais para a sociedade em geral, a confiança e

segurança dos alimentos funcionais e, também, atributos sensoriais, como o sabor agridoce, por exemplo (NYSTRAND e OLSEN, 2020).

Todas essas exigências por parte do consumidor fazem com que o tamanho do mercado global de alimentos funcionais aumente em todos os sentidos, desde a produção de produtos com mais qualidade até a constante busca por inovação, onde em 2018 representou US\$ 161,49 bilhões e projeta-se que chegue a um valor de US\$ 275,77 bilhões até 2025, observando que são necessários compradores conscientes e empresários que busquem a sustentabilidade do ramo (NGUYEN et al., 2020).

De acordo com Ashaolu (2020), alimentos funcionais podem regular o sistema imunológico através do aprimoramento ou inibição da resposta imune, que fornecem defesas do hospedeiro contra infecções e suprimem alergias e inflamações. A produção desses componentes alimentares está cada vez maior, com a intenção de combater problemas crônicos de saúde, como: doença hepática gordurosa não alcoólica, câncer, obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares.

Atualmente, dentro desta categoria de alimentos, estão incluídos os produtos que contêm microrganismos probióticos (HUSSAIN et al., 2016) podendo também incluir os prebióticos e simbióticos. Sua utilização baseia-se nas propriedades promotoras de saúde, sendo incorporados à gestão do bem-estar como terapia alternativa ou complementos aos agentes farmacêuticos, alimentos e estilo de vida.

2.3 Probióticos

A definição de probióticos, de acordo com Hill et al. (2014), é que se tratam de microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, podem conferir benefícios ao seu consumidor, estando seus benefícios além da mediação da microbiota intestinal, com base em mecanismos associados.

A intenção de consumir probióticos é aproveitar seus benefícios em uma relação simbiótica com a microbiota intestinal: logo, um critério primordial para a obtenção de probióticos eficazes é sua capacidade de aderir ao trato gastrointestinal, e, assim, multiplicar, colonizar e modular o sistema imunológico de todo o corpo, suprimindo os patógenos (ASHAOLU, 2020).

Carvalho et al. (2017) descreveram alguns benefícios para a saúde, em razão da ingestão de probióticos, dentre eles destacamos: controle da microbiota intestinal e das infecções

gastrointestinais; a estabilização da microbiota após o uso de antibióticos; diminuição da população de patógenos, por meio da produção dos ácidos acético e lático; 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.

Recentemente, um estudo desenvolvido por Costa et al. (2020) também apresentaram evidências que indicaram que a suplementação com probióticos: nesse trabalho consta o potencial promissor na redução dos sintomas de ansiedade e depressão, ressaltando a necessidade de mais pesquisas adicionais sobre essa estratégia, como terapia adjuvante no tratamento efetivo para a saúde mental.

Todavia, para que os microrganismos probióticos possam ser empregados em alimentos, com alegação de propriedade funcional, devem apresentar resistência às operações de processamento e viabilidade durante o período de armazenamento do produto, apresentando-se nas concentrações adequadas. De acordo com a ANVISA (2019), a dose mínima diária da cultura probiótica considerada terapêutica é de 10⁸ a 10⁹ UFC (Unidades Formadoras de Colônia), o que corresponde ao consumo de 100 g de um produto que contenha 10⁶ a 10⁷ UFC/g ou mL. Entretanto, ressalta-se que os probióticos tratam-se de microrganismos que usualmente são submetidos a muitas tensões durante seu desenvolvimento devido às mudanças no pH, acidez total, temperatura, variações de oxigênio e esgotamento de nutrientes, levando a baixos níveis de sobrevivência. As bactérias mais amplamente utilizadas em alimentos probióticos são pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, ambas, naturalmente presentes no intestino humano e consideradas seguras para consumo (BUSTAMANTE et al, 2015; KANDYLIS et al., 2016; KAREB e AÏDER, 2019).

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

Nos produtos lácteos, a sobrevivência das bactérias probióticas depende de uma série de fatores como: acidez, cepa, quantidade inoculada, temperatura de incubação, tempo e temperatura de armazenamento, disponibilidade de nutrientes, promotores e inibidores do crescimento, interação entre as espécies presentes, conteúdo de sólidos do leite e oxigênio dissolvido, principalmente, para as bifidobactérias que são anaeróbias. Segundo Saad et al.

(2011), o leite não é um meio adequado para multiplicação de microrganismos probióticos, apesar de ser rico do ponto de vista nutricional.

No entanto, um aumento na procura de produtos probióticos não lácteos passou a existir devido a fatores como: intolerantes à lactose, alérgicos as proteínas do leite, pessoas adeptas do veganismo, dentre outros (PEREIRA et al., 2011; ANTUNES et al., 2013; PERRICONE et al., 2015).

Além disso, alimentos probióticos não lácteos (como os sucos de frutas fermentados, isentos de lactose e de soja) podem proporcionar manutenção da saúde em consumidores preocupados com a ingestão de determinadas substâncias ou portadores de alguma intolerância alimentar (GAWKOWSKY e CHIKINDAS, 2013). Os estudos mostram que o uso de probióticos, em sucos de frutas e vegetais, pode ser uma boa alternativa para um grupo de pessoas com necessidades especiais, conforme a descrição acima mencionada (FIORDA et al., 2016; MOHAMMAD et al., 2016). Os sucos de frutas melhoram amplamente a saúde e possuem uma grande quantidade de água, açúcar, proteínas, antioxidantes, vitaminas, minerais, fibras dietéticas e outras substâncias nutricionais úteis (ALVES et al., 2016).

Buscando satisfazer esse novo mercado, a produção de alimentos funcionais contendo bactérias probióticas é uma área que vem ganhando destaque na indústria alimentícia nos últimos anos. Como o consumo de frutas e vegetais é fortemente aconselhado para reduzir o risco de várias doenças, diversos métodos para processamento de frutas surgiram como forma de minimizar perdas de produção, aumentar a renda de pequenos agricultores e introduzir novos produtos no mercado (RANDAZZO et al., 2016). Desse modo, o consumidor pode desfrutar de refeições saborosas, ao mesmo tempo em que promove efeitos benéficos à própria saúde (ALBUQUERQUE et al., 2021).

2.4 Métodos de secagem

A conservação de produtos, como as polpas de frutas, faz-se necessária uma vez que são produtos considerados perecíveis, com alta atividade de água. Sendo assim, a aplicação de processos como a secagem, para o desenvolvimento de polpas de frutas probióticas em pó, torna-se uma alternativa promissora para a indústria de alimentos, visto que a utilização desse método resulta em produtos mais estáveis, protegidos contra as reações de degradação, com peso e volume reduzidos, conseqüente facilidade de comercialização e transporte (SHISHIR; CHEN, 2017).

Segundo Teles et al. (2018), a secagem é uma operação importante, pois possui como principal finalidade o aumento da vida útil, bem como a disponibilidade e o consumo das frutas para posterior utilização em aplicações industriais. Por se tratar de um processo que tem como principal objetivo a remoção de parte da água livre presente no alimento (reduzindo assim a atividade e o teor de água), proporciona-se uma maior estabilidade ao produto obtido, possibilitando o armazenamento à temperatura ambiente, para que não ocorra perdas significativas de suas características organolépticas e nutricionais (MALEKI et al., 2019).

De acordo com Barros et al. (2020), a utilização do processo de secagem, além de proporcionar a redução do teor de água até níveis seguros para o armazenamento, também permite o conhecimento das propriedades termodinâmicas que tratam de informações importantes na projeção de equipamentos permitindo, dessa maneira, calcular a energia requerida no processo, as propriedades da água adsorvida, avaliar a microestrutura dos alimentos, assim como o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem em sua superfície.

Dentre os vários métodos de secagem utilizados no setor de alimentício, pode-se destacar, de acordo com Agudelo et al. (2016), a secagem por atomização, leito de jorro, liofilização, secagem em camada de espuma, dentre outros. A utilização dessas técnicas de secagem visa a produção de polpas de frutas secas e ressalta a obtenção de pós que devem assegurar a máxima preservação dos compostos nutricionais e funcionais presentes.

Conforme aponta Nemzer et al. (2018), a secagem é uma alternativa aplicável às polpas de frutas por ser capaz de aumentar a shelf life, concentrar compostos nutricionais e antioxidantes e manter a estabilidade durante o armazenamento, apresentando, dessa forma, vantagens na qualidade e conservação do produto, como baixo peso e volume, rápida preparação e fácil dosagem. Dentre as técnicas de secagens aplicadas à produção de polpa em pó foram destacadas neste trabalho: a liofilização e a secagem em leito de jorro.

2.4.1 Secagem em leito de jorro

A secagem em secador do tipo leito de jorro consiste em um método com inertes que vem se destacando na secagem de pastas e suspensões, uma vez que a pasta ou suspensão é inserida em uma câmara de secagem por atomização, encontrando em contato com partículas inertes em movimento, cobrindo-as como um filme fino, que é seco pelo contato com o ar quente (OLIVEIRA et al., 2021).

Seu funcionamento consiste em termos gerais em um equipamento onde o material alimentado é seco pelo contato com o ar aquecido, que é soprado através do leito, onde as partículas inertes presentes no equipamento e o ar se comportam como um fluido homogêneo. Dentre as partes que o compõem, tem-se uma coluna cilíndrica com orifício central para passagem do ar quente de secagem, de forma ascendente, provocando a movimentação das partículas inertes no interior da coluna, formando a região de jorro. Já na região ao lado do orifício central encontra-se a região anular, onde as partículas inertes se movimentam de forma descendente (MARTINS et al., 2020).

De acordo com Soares e Pereira (2020), esta técnica de desidratação torna-se uma opção para a secagem de materiais sensíveis ao calor, havendo a preservação de compostos bioativos e microrganismos, uma vez que é possível também utilizar temperaturas mais baixas em comparação com outros métodos de secagem. Além disso, de acordo com Alves et al. (2017), a secagem em leito de jorro tem se apresentado como uma alternativa à secagem por spray drying, numa tentativa de obter produtos em pó que sejam de boa qualidade e com baixo custo.

A qualidade nas propriedades dos produtos desidratados depende fundamentalmente dos métodos de secagem utilizados, segundo Ibiapina et al. (2018): logo, a secagem em leito de jorro tem se destacado como uma boa alternativa para produção de pós com granulometria fina e uniforme, de elevada qualidade e conservação das características da pasta ou suspensão alimentada no secador.

Vantagens adicionais incluem o baixo custo de aquisição, tempo de processamento curto, alta transferência de calor e ausência de massa acumulada. Mas, assim como há vantagens, também são encontradas desvantagens no uso do leito de jorro, havendo instabilidade, dificuldade de escalonamento, aglomeração de partículas e acúmulo de pó dentro da coluna (LINS et al., 2017; DANTAS et al., 2018).

Estudos têm evidenciado que a utilização do secador tipo leito de jorro difunde-se dos demais devido características como: capacidade de proporcionar excelente grau de mistura e eficiente contato entre o fluido e o material sólido; alta taxa de circulação de partículas inertes; bons coeficientes de transferência de calor e massa; e a uniformidade da temperatura no leito, tudo em tempos de contato curtos, contribuindo, desta maneira, para a qualidade do produto (ROCHA et al., 2008; MELO et al., 2010; ARAUJO RODRIGUES et al., 2021).

Recentemente, Araujo Rodrigues et al. (2021) obtiveram uma polpa de cajá em pó adicionada da cultura probiótica *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* por secagem em leito de jorro, apresentando como resultado viabilidade celular e concentração de compostos bioativos,

que enquadraram o produto obtido na propriedade de funcional. Com isso, foi possível destacar a potencialidade de inovação na aplicação desse método de secagem associado à polpa de uma fruta da mesma espécie, com utilização da cultura probiótica em questão.

2.4.2 Secagem em liofilizador

A secagem por liofilização, também denominada criodesidratação ou criosecagem, é uma técnica de desidratação baseada na sublimação da água presente no produto, resultando, dessa maneira, na diminuição da atividade hídrica e, conseqüentemente, na redução do processo de deterioração do alimento durante seu armazenamento, por exemplo (USCANGA et al., 2021).

Esse método de desidratação consiste previamente no congelamento do produto utilizando determinadas condições de pressão à vácuo e baixas temperaturas que ocasionam a sublimação da água. Durante essas etapas ocorrem uma série de fenômenos que, de acordo com Nowak e Jakubczyk (2020), podem oferecer um impacto significativo no curso do processo, afetando diretamente na qualidade do produto final e os custos gerais do processo.

Dentre estes tem-se a transição de fase da água contida no produto em gelo, seguido da transformação do gelo para a fase de vapor, dessorção de moléculas de água das estruturas do material, obtenção de uma pressão suficientemente baixa, re-sublimação do vapor de água removido do material na superfície do condensador e a remoção de uma camada de gelo da superfície do capacitor.

A utilização de baixas temperaturas, nesse processo de secagem, contribui para preservação das características de sabor, cor, aparência e minimiza a degradação dos compostos termossensíveis, em sua maioria, responsáveis pelos aromas e valor nutricional originais das frutas: ressalta-se também que a ausência de oxigênio do ar, durante o processamento, minimiza as reações de degradação. Assim, o material liofilizado final é atribuído a um produto de alta qualidade em comparação com outras técnicas de desidratação (SILVA-ESPINOZA et al., 2020).

Em virtude dessa qualidade, esse método tem sido aplicado em diferentes estudos, pois, de acordo com Mensink et al. (2017), através da sua utilização é possível aumentar a estabilidade de proteínas presentes na matéria-prima por longos períodos, evitando que ocorra desnaturação e agregação, que são alterações que podem ocorrer com o uso de outros métodos de secagem que envolvam altas temperaturas. Atribuída ainda a qualidade obtida, Valentina et al. (2016) também destaca o fato que produtos liofilizados reidratam facilmente e exibem taxas

de reidratação mais rápidas. Levando em consideração os aspectos econômicos, o custo de um produto depende, principalmente, do tempo de secagem, sendo os parâmetros de processo e outras condições definidas para que seu tempo seja o mais curto possível (NOWAK e JAKUBCZYK, 2020).

Vários estudos abordam a aplicação da liofilização em diversas frutas, tais como: abacaxi (VIEIRA, et al., 2012); graviola (CEBALLOS et al., 2012); cajá (OLIVEIRA, et al. 2014); polpa de umbu-cajá (SANTOS et al., 2016); marolo e cagaita (DUARTE et al. 2017); polpas de manga ‘Rosa’ (OLIVEIRA, et al., 2017); polpas do tipo “Detox”, compostas por abacaxi, hortelã e gengibre (IBIAPINA et al., 2018); frutos do cerrado murici, tamarindo, cajá e buriti (SANTOS et al., 2020).

2.5 Adjuvantes de secagem e microencapsulantes

Na secagem de pastas ou suspensões, materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular, como as polpas de frutas, são obtidos pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração e com problemas de fluidez, o que resulta, conseqüentemente, na redução do rendimento, problemas operacionais e dificuldades de manuseio.

Para que essa problemática possa ser evitada ou, pelo menos, minimizada, sugere-se a adição dos adjuvantes de secagem, que são carboidratos de alto peso molecular que reduzem a higroscopicidade dos pós e facilitam o processo de secagem. Esses agentes de secagem auxiliam na produção de pós com maior fluidez devido a redução das forças de adesão, proporcionando um aumento na recuperação do produto ocasionado pela elevação da temperatura de transição de vítrea. Com relação aos adjuvantes utilizados pode-se citar: proteínas, goma arábica, gelatina, amido modificado, caseinato de sódio, derivados da indústria láctea, dentre outros (ALVES et al., 2017).

Contudo, dentre aos biopolímeros aplicados como agentes encapsulantes, as maltodextrina, com diferentes dextroses, têm sido amplamente utilizadas para a microencapsulação de culturas probióticas, devido ao baixo custo, versatilidade, disponibilidade e eficácia (BARBOSA et al., 2015; PAIVA et al., 2021).

As maltodextrinas são amplamente empregadas como agentes carreadores, de forma isolada ou em associação a outros encapsulantes, apresentando-se eficiente na proteção das culturas probióticas (ALVES et al., 2016). Além disso, ressalta-se que para garantir efeitos benéficos dos probióticos no organismo, é necessário que estes atinjam o trato gastrointestinal em quantidades suficientes. Portanto, para que os níveis indicados de células probióticas

possam ser encontrados no produto após a secagem e durante o armazenamento, faz-se necessário o auxílio de microencapsulantes e adjuvantes que permitem o controle da manutenção do número de células viáveis, e a preservação da composição química e bioativa da polpa submetida ao processo de secagem.

O microencapsulamento trata-se de uma técnica em que o composto bioativo, pigmento ou outros componentes ficam presos em uma matriz encapsulante, que pode protegê-lo de condições ambientais adversas como luz, calor e oxigênio, aumentando assim sua estabilidade. Quando se trata dos microrganismos probióticos, a tecnologia da microencapsulação é usada para aumentar a capacidade de sobrevivência das células durante o armazenamento, secagem e ingestão, fornecendo a proteção eficaz aos probióticos e separando-os do ambiente externo, mantendo assim a sua viabilidade (HUANG et al., 2017; OMAE et al., 2017; SHISHIR e CHEN, 2017). Com o intuito de aumentar essa proteção podem ser utilizados, como encapsulantes, os prebióticos que são considerados carboidratos de cadeia curta, tais como: alginato, quitosana, frutanos e frutooligossacarídeos, como a inulina (PINTO et al., 2015; PEREDO et al., 2016).

Buscando manter a linha de um alimento de base funcional, geralmente a inulina é utilizada como microencapsulante nos alimentos probióticos, pois além de apresentar efeito prebiótico, é uma fibra alimentar que melhora a biodisponibilidade do cálcio e os produtos suplementados, com inulina, apresentam baixos índices glicêmicos (CHEAN et al., 2021).

Segundo Kailasapathy (2014), vários métodos de microencapsulação têm sido empregados em bactérias probióticas, como a emulsificação, coacervação, extrusão, liofilização e *spray drying*: para tal, a escolha do método depende da finalidade, bem como das propriedades físico-químicas do material ativo e do agente encapsulante.

2.6 Polpas de frutas em pó como alimentos probióticos

Albuquerque et al. (2021) justifica em seu estudo que 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. Além do que, de acordo com Duarte et al. (2017), os pós obtidos a partir de sucos concentrados de frutas são usados comercialmente para fornecer aroma e sabor, e em alguns casos, cor para alimentos e produtos farmacêuticos.

A indústria alimentícia tem apresentado tendências por alimentos nutritivos e de rápido preparo: a desidratação de sucos de frutas para utilização em bebidas instantâneas desponta como uma interessante alternativa e de grande potencialidade econômica, em substituição aos similares artificiais existentes no mercado. Esse crescimento está associado às vantagens que a utilização e o manejo que materiais em pó 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 (IBIAPINA et al., 2018).

De acordo com Cavalcante et al. (2018), os pós de fruta obtidos por liofilização e atomização apresentam boas características de qualidade, porém é conhecido que os produtos obtidos mostram, entre eles, diferenças importantes nos seus atributos finais. O pó produzido, através de secadores de aspersão, depende de variáveis operacionais do secador como: temperaturas de entrada e saída e também da composição do suco de frutos, concentração de sólidos no suco e também do tipo de aditivo usado na formulação.

Na literatura estão disponíveis alguns estudos para produção de pós de frutas probióticos, onde faz-se uso de diferentes métodos de secagem e microrganismos. Barbosa et al. (2015) analisaram a sobrevivência de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* para a produção de um pó de laranja probiótica pelos métodos de secagem por pulverização, secagem por congelamento e secagem por convecção com ar quente durante a secagem e armazenamento subsequente. Paim et al. (2016) utilizaram a bactéria *Bifidobacterium* ssp. *Lactis* (semelhante a esta pesquisa) na polpa de juçara e obtiveram o pó por meio da secagem por *Spray drying*. Silva (2018) desenvolveu um liofilizado para o preparo de bebida probiótica à base de umbu-cajá e acerola. Dias (2019) desenvolveu microcápsulas de suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) probiótico produzidas pelo método de *spray drying*.

Embora a utilização de métodos de secagem, como o leito de jorro e a liofilização, venham evoluindo consideravelmente, ocupando importante lugar no processamento de alimentos (inclusive substituindo ao “*spray drying*” em alguns casos), a existência de estudos que os utilizem ainda são insuficientes. Salienta-se também que, apesar de algumas pesquisas utilizarem matérias-primas com propriedades semelhantes ao umbu-cajá ou sua combinação com outro produto, não foram encontrados estudos para produção de pós de polpa de umbu-cajá com características probióticas, fato este que motiva a realização da pesquisa em questão.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

São descritos a seguir os materiais e metodologias que foram aplicadas nos experimentos desenvolvidos em parceria com os laboratórios: LAPP (Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), LEA (Laboratório de Engenharia de Alimentos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, e NUPEA (Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos) na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na Paraíba.

3.1 Matéria-prima

Foram utilizados frutos de umbu-cajá maduros provenientes do comércio de Campina Grande, cultura comercial probiótica liofilizada de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94), maltodextrina MOR-REX® 1910 da empresa Ingredion do Brasil Ltda. como adjuvante e inulina obtida em 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 da polpa integral de umbu-cajá

As frutas foram recepcionadas, selecionadas e pesados para posterior higienização, sanitização, despulpamento e armazenamento sob congelamento ($-18 \text{ }^\circ\text{C}$), conforme fluxograma da Figura 3.1.

Na seleção, foram verificadas, além do estágio de maturação, a integridade dos frutos. 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 sanitização os frutos foram despulpados em despulpadeira horizontal de aço inoxidável (BONINA – modelo compacto 670). As polpas obtidas foram posteriormente armazenadas em garrafas de polietileno e estocada em freezer vertical (GELOPAR), a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$, para posterior realização das análises químicas, físico-químicas e antioxidantes.

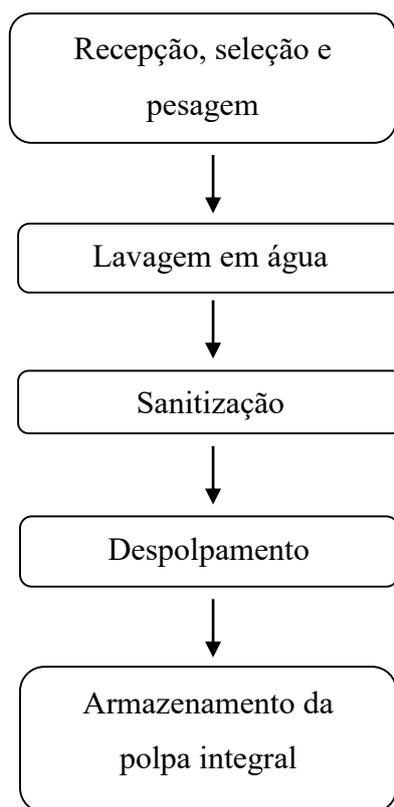


Figura 3.1- Fluxograma de processamento para obtenção da polpa integral de umbu-cajá.

3.3 Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá integral

Considerando que o uso de polpas de frutas como meio para estabilidade e viabilidade das bactérias probióticas requer informações sobre as principais propriedades dessa matéria-prima para obtenção de um produto final de qualidade foram realizadas na polpa de umbu-cajá as análises físico-químicas e químicas de: pH, acidez total, teor de água, teor de sólidos totais, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, compostos fenólicos, teor de ácido ascórbico, teor de carotenoides e atividade antioxidante.

Todas as análises foram realizadas em triplicata. A partir dos dados coletados foram calculados a média e o desvio-padrão.

Mediante os resultados a polpa foi estudada visando o acompanhamento da estabilidade e viabilidade da bactéria probiótica por meio de estudo cinético. As metodologias empregadas nas análises estão descritas a seguir:

3.3.1 pH

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de leitura direta em um pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.3.2 Acidez total

A análise de acidez foi realizada conforme as normas descritas em (AOAC, 2016). A análise da acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução 0,1 mol L⁻¹ de hidróxido de sódio, utilizando-se como indicador uma solução alcoólica a 1% de fenolftaleína, com acompanhamento do pH até 8,2, considerando desta forma que o ácido orgânico predominante, o ácido cítrico, tenha sido titulado. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de amostra.

3.4.3 Teor de água

A caracterização pela determinação do teor de água foi realizada seguindo método descrito em (AOAC, 2016), em estufa a 105 ± 2 °C por 24 h, com resultados expressos em porcentagem (%).

3.3.4 Teor de sólidos totais

O teor de sólidos totais foi determinado por meio do método de estufa a 105 ± 2 °C, de acordo com AOAC (2016) sendo o valor resultando da diferença de 100% do teor de água, com resultados expressos em porcentagem (%).

3.3.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais foi medido com o auxílio de refratômetro digital, modelo Reichert Analytical Instruments.

3.3.6 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 575 nm. Para obtenção da curva analítica, utilizou-se glicose a 5%, empregando água seguida do mesmo tratamento para branco.

3.3.7 Quantificação dos compostos fenólicos totais

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

3.3.8 Teor de ácido ascórbico

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

3.3.9 Quantificação dos carotenóides totais

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

3.4 Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR)

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-enquimioluminescência triturada gerada pela reação de luminol (o-aminoftalaloil-hidrazida) com o peroxil radicais produzidos por decomposição térmica do livre gerador de radicais AAPH (MORESCO et al., 2017).

Primeiro, o 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 h antes da primeira leitura. Diferentes concentrações de blendas foram adicionadas, e a luminescência produzida pelo radical livre 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.

3.5. Inoculação

Posterior às análises realizadas na polpa de umbu-cajá integral foi realizada a inoculação da bactéria probiótica. Primeiramente, foi realizado o ajuste do pH inicial da polpa para valores compreendidos entre 6,5 e 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com função de reguladora da acidez (ANVISA, 2007). Posteriormente a polpa com o pH ajustado foi tratada termicamente através do processo de pasteurização visando reduzir a carga microbiana e após ser resfriada foi realizada a inoculação da cultura probiótica com concentração de 12 log UFC na polpa numa proporção de 0,1% (m/v), todo o procedimento foi realizado de forma asséptica em câmara de fluxo laminar.

3.6 Estudo cinético para obtenção da polpa de umbu-cajá probiótica

Para que fosse realizado o acompanhamento da estabilidade da cultura probiótica na matriz vegetal (polpa de umbu-cajá) analisou-se o número de células viáveis (NCV), bem como os parâmetros de pH (conforme item 3.3.1) e acidez (conforme item 3.3.2) nas amostras de polpas probióticas a cada 3 horas por um período de 30 horas sob temperatura de 37 °C armazenadas em estufa bacteriológica em anaerobiose, permitindo determinar as melhores condições de incubação para o enquadramento nas especificações de alimento probiótico.

3.7 Caracterização físico-química, química e antioxidante da polpa probiótica

A polpa probiótica foi caracterizada quanto aos parâmetros físico-químicos, químicos e antioxidantes previamente realizados na polpa integral, conforme os itens descritos nos tópicos 3.3 e 3.4

3.8 Número de células viáveis

As contagens das bactérias probióticas foi realizada a partir da diluição seriada da amostra em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia descrita em Lima et al. (2009). O plaqueamento foi executado em placas de Petri por inoculação em profundidade com adição de sobrecamada utilizando o meio de cultura Man Rogosa Sharpe Agar – MRS com adição de L-cisteína 0,05%, incubadas a 37 ± 2 °C por 72 h em jarras de anaerobiose contendo sistema de controle de oxigênio.

3.9 Viabilidade durante armazenamento da polpa probiótica de umbu-cajá líquida

Para a avaliação da viabilidade da polpa probiótica foi realizado o armazenamento sob refrigeração (4 ± 2 °C) por 28 dias, sendo analisadas após 1, 7, 14, 21 e 28 dias para obtenção dos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais, segundo AOAC (2016), bem como o acompanhamento da contagem das culturas probióticas através do número de células viáveis conforme item 3.8. O acompanhamento da estabilidade da bactéria probiótica foi efetuado na polpa de umbu-cajá probiótica e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

3.10 Delineamento fatorial para secagem da polpa de umbu-cajá probiótica em leito de jorro

Foi realizado um planejamento fatorial 2^3 com três repetições no ponto central totalizando 11 experimentos. O planejamento utilizado neste trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis independentes: de temperatura de entrada do ar (°C), concentração de maltodextrina e inulina (%) sobre as variáveis dependentes de rendimento e número de células viáveis, visando a diminuição na quantidade de ensaios e conseqüentemente, o tempo e custo

empregados no processo. Os níveis superiores, inferiores e os pontos centrais das variáveis foram determinados mediante uma série de testes preliminares.

3.10.1 Rendimento

O rendimento (%) será calculado pela seguinte Equação 3.1:

$$R(\%) = \frac{M_c \cdot (1 - X_c)}{M_A \cdot (1 - X_A)} * 100 \quad (3.1)$$

Em que, R (%) - Rendimento do pó em porcentagem; M_c - Massa coletada (g); M_A - Massa alimentada (g); X_c - Umidade em base úmida da amostra coletada (g); e, X_A - Umidade em base úmida da amostra alimentada (g).

3.10.2 Número de células viáveis

A contagem do número de células viáveis foi realizada conforme procedimento descrito no item 3.8.

3.11 Secagem em leito de jorro para obtenção da polpa probiótica em pó

Realizou-se a secagem de 11 formulações para o processo de secagem em leito de jorro, compostas da polpa de umbu-cajá probiótica com diferentes concentrações de maltodextrina e inulina. As formulações passaram por homogeneização por cerca de 5 minutos até completa dissolução dos adjuvantes. As secagens das polpas de umbu-cajá probióticas formuladas foram realizadas em leito de jorro da marca LabMq do Brasil, modelo FBD 1.0 As variáveis fixas no processo foram: vazão de ar de 3,5 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 aproximadamente 1000 g.

As temperaturas de entrada do processo e concentrações dos adjuvantes de secagem (maltodextrina e inulina) foram estudadas conforme planejamento fatorial. O pó obtido foi previamente pesado, transferido para uma embalagem plástica metalizada, selado e armazenado para análises posteriores.

3.12 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em leito de jorro

As polpas probióticas de umbu-cajá em pó resultante da secagem em leito de jorro foram caracterizadas de acordo com os parâmetros físico-químicos, químicos e número de células viáveis descritos anteriormente nos tópicos 3.3, 3.4 e 3.8, respectivamente.

3.13 Delineamento fatorial para secagem da polpa de umbu-cajá em liofilizador

Para análise de regressão não linear dos dados experimentais foi utilizado um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central, totalizando 7 experimentos. O planejamento utilizado neste trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis independentes: concentração de maltodextrina e inulina (%), sobre as variáveis dependentes: rendimento e número de células viáveis, buscando diminuir a quantidade de ensaios e consequentemente, o tempo e custo empregado no processo. Os níveis superiores, inferiores e os pontos centrais foram determinados mediante uma série de testes preliminares.

3.13.1 Rendimento

Para determinação do rendimento, foi utilizada metodologia descrita por Rocha et al. (2015), mediante equação 3.2:

$$R (\%) = \frac{M_C}{M_A} \times 100 \quad (3.2)$$

Em que: R (%) - Rendimento do processo em porcentagem; M_c - Massa coletada (g); e, M_A - Massa alimentada (g).

3.13.2 Número de células viáveis

A contagem do número de células viáveis foi realizada conforme procedimento descrito no item 3.8.

3.14 Secagem em liofilizador para obtenção da polpa probiótica em pó

A secagem da polpa probiótica de umbu-cajá foi realizada em liofilizador modelo ALPHA 1-2 LD plus. Realizou-se a secagem de 7 formulações para o processo de liofilização,

compostas da polpa de umbu-cajá probiótica com diferentes concentrações de maltodextrina e inulina. As formulações passaram por homogeneização por cerca de 5 min até completa dissolução dos adjuvantes.

As formulações foram distribuídas em formas de gelo e congeladas em freezer (-18 °C) por 48 horas. Após o congelamento, o material foi levado imediatamente para o liofilizador, permanecendo no equipamento por 72 h a -50 °C. Em seguida, as amostras liofilizadas foram trituradas em processador para obtenção dos pós, que foram armazenados em embalagens laminadas sob o abrigo da luz a temperatura ambiente para posteriores análises.

3.15 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em liofilizador

As polpas probióticas de umbu-cajá em pó resultante do processo de secagem por liofilização foram caracterizadas de acordo com os parâmetros físico-químicos, químicos, físicos e número de células viáveis descritos anteriormente nos tópicos 3.3, 3.4 e 3.8 respectivamente. Realizou-se também determinações dos parâmetros físicos nas amostras obtidas por esse processo de secagem descritas a seguir.

3.15.1 Densidade aparente

A densidade aparente será realizada de acordo com a metodologia descrita por Souza et al. (2010). Será pesado 1 g da polpa probiótica em pó e posta em proveta graduada de 10 mL, sem compactação, para determinação do volume total ocupado pelo sólido. A densidade aparente será calculada conforme Equação 3.3.

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad (3.3)$$

Em que: ρ_a - densidade aparente; m - massa do sólido, g; e, V - Volume total, cm³.

3.15.2 Densidade compactada

Para determinação da densidade compactada, 1 g da polpa probiótica em pó será transferida para uma proveta graduada de 10 mL. O pó será compactado batendo-se manualmente a proveta 50 vezes sobre a superfície de uma bancada sempre na mesma altura.

A densidade compactada será calculada de acordo com Tonon et al. (2013), conforme a Equação 3.4:

$$\rho_c = \frac{m}{V_a} \quad (3.4)$$

Em que: ρ_c - densidade compactada; M - Massa da amostra em pó, g; e, V_a - Volume da amostra em pó após compactação, cm^3 .

3.15.3 Fator de Hausner e o índice de compressibilidade

A partir das densidades aparente e compactada, determinou-se o fator de Hausner e o índice de compressibilidade onde seguiu-se os critérios descritos de acordo com USP (2006), onde o fator de Hausner (FH) consiste na razão entre a densidade de compactação e a densidade aparente. E o índice de compressibilidade (IC) foi calculado a partir dos valores individuais de densidades de compactação e densidade aparente, conforme as Equações 3.5 e 3.6, respectivamente:

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (3.5)$$

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (3.6)$$

Onde: FH - fator de Hausner; IC - índice de compressibilidade (%); ρ_c - densidade compactada; e, ρ_a - densidade aparente.

3.15.4 Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Cano-Chauca et al. (2005). Um grama de pó foi adicionado em 100 mL de água destilada agitando-se a mistura na velocidade máxima em um agitador magnético, durante 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2.600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferido para uma cápsula de alumínio, previamente tarada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. A solubilidade foi calculada pela Equação 3.7.

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.7)$$

Em que: S – solubilidade (%); M_s – massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante (g); e, M_a – massa da amostra (g).

3.15.5 Molhabilidade

Para a determinação do tempo de molhabilidade, será utilizado o método proposto por Lannes e Medeiros (2003). Esse método consistiu em depositar 1 g de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25 °C, em um bécker de 250 mL, sem agitação e determinar visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhem.

3.16 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos resultados obtidos das caracterizações físico-químicas, químicas e físicas foi realizada no programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016), em delineamento inteiramente casualizado por meio de análise de regressão polinomial na análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito das variáveis independentes dos processos de secagem sobre as variáveis dependentes foi avaliado mediante análise estatística utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o desenvolvimento desse estudo e suas respectivas discussões foram abordados mediante a elaboração dos seguintes artigos:

ARTIGO 1. Viabilidade da bactéria probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em polpa de umbu-cajá

ARTIGO 2. Secagem em leito de jorro da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica

ARTIGO 3. Liofilização da polpa de umbu-cajá com adição de cultura probiótica

ARTIGO 1

VIABILIDADE DA BACTÉRIA PROBIÓTICA (*Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*) EM POLPA DE UMBU-CAJÁ

RESUMO

Devido ao elevado valor nutricional e características de sabor e odor exóticos, as espécies do gênero das *Spondias* têm grande destaque no nordeste do Brasil: logo, em virtude do melhoramento no potencial econômico dos frutos de umbu-cajá, o presente trabalho objetivou o uso da polpa como meio de desenvolvimento para cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* a fim de avaliar sua viabilidade em nova matriz alimentar, sem a utilização de produtos de origem animal, por um período de 28 dias de armazenamento sob temperatura de refrigeração (4 ± 2 °C). Foi efetuado um estudo cinético para melhores condições de estabilidade da cepa utilizada, com um ajuste de pH inicial de 7,0 e temperatura de incubação de 37 °C durante 24 h. A polpa *in natura* e probiótica foram submetidas as análises físico-químicas, químicas e atividade antioxidante. A avaliação da viabilidade da cultura probiótica quanto aos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais e número de células viáveis foram realizadas nos dias 1, 7, 14, 21 e 28. A polpa de umbu-cajá probiótica manteve as propriedades nutricionais e preservou a cultura viável durante os 28 dias de estocagem, com contagem de células em torno de $10 \log$ UFC mL⁻¹, mantendo a concentração acima do parâmetro estabelecido para que seja considerada com ação terapêutica, enquadrando-se como alimento funcional.

Palavras-chave: *Spondias*, alimento funcional, viabilidade, bifidobactéria, microrganismos vivos.

ABSTRACT

Due to their high nutritional value and exotic flavor and odor characteristics, species of the *Spondia* genus have great prominence in northeastern Brazil: therefore, due to the improvement in the economic potential of umbu-cajá fruits, the present work aimed to use pulp as growth medium for probiotic culture *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* in order to evaluate its viability in a new food matrix, without the use of animal products, for a period of 28 days of storage under refrigeration temperature (4 ± 2 °C). A kinetic study was carried out for better stability conditions of the strain used, with an initial pH adjustment of 7.0 and an incubation temperature of 37 °C for 24 h. The *in natura* and probiotic pulp were subjected to physicochemical, chemical and antioxidant activity analyses. The evaluation of the viability of the probiotic culture regarding pH, acidity, total soluble solids and number of viable cells were carried out on days 1, 7, 14, 21 and 28. The probiotic umbu-cajá pulp maintained its nutritional properties and preserved the viable culture during the 28 days of storage, with cell count around $10 \log$ CFU mL⁻¹, keeping the concentration above the established parameter so that it can be considered with therapeutic action, fitting as a functional food.

Keywords: *Spondias*, functional food, viability, bifidobacteria, live microorganisms.

1. Introdução

Devido à posição geográfica privilegiada, o Brasil é um dos países com maior acessibilidade de cultivo para inúmeras espécies frutíferas. Dentre essas espécies, as frutas do gênero *Spondias* apresentam importância econômica significativa. Esse gênero é constituído por cerca de 18 espécies, entre essas, pode-se destacar na região Nordeste o umbu-cajá (*Spondias* sp.) (SANTOS et al., 2018).

Todavia, apesar da elevada aceitabilidade que essas espécies apresentam devido características sensoriais de aroma e sabor que as caracteriza como exóticas, possuem elevada perecibilidade pós-colheita. Essa restrição em sua comercialização ao natural limita a exploração do seu potencial econômico. Sendo assim, devido aos períodos de sazonalidade, torna-se necessário a aplicação de tecnologias que possam fornecer um melhor aproveitamento dessas matérias-primas.

O emprego de novos processos que possam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas, aliada à preocupação com uma alimentação mais saudável, vem despertando um perfil diferenciado ao mercado alimentício, destacando o desenvolvimento de alimentos funcionais. Estes, são assim classificados como aqueles que, além de suprirem as necessidades calóricas, trazem benefícios à saúde do consumidor (OLIVEIRA et al., 2017).

Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos, destacando os probióticos (PAIM et al., 2016; CARVALHO et al., 2017; et al., 2018; LEITE et al., 2018).

Tradicionalmente, na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos lácteos. Porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos não lácteos, à base de frutas e vegetais, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, 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; ALBUQUERQUE et al., 2021).

Os probióticos são definidos como micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (KUMAR e KUMAR, 2016). Silva et al. (2019) citam que diversos estudos apontam como dose mínima diária para que a cultura probiótica seja considerada terapêutica, uma concentração de (8 a 9 log UFC) (Unidades Formadoras de Colônia), o que corresponde ao consumo de 100 g de um produto de produto que contenha 10⁶ a 10⁷ UFC/g ou mL (CHÁVARRI et al., 2010; ARORA e PANDOVE, 2014).

As bactérias mais amplamente utilizadas em alimentos probióticos são pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, ambos, naturalmente presentes no intestino humano e considerados seguros para o consumo (TRIPATHI e GIRI, 2014). Apesar da grande relevância sobre aspectos positivos à saúde, as bifidobactérias ainda possuem um uso reduzido quando comparado ao das bactérias lácticas. O uso de microrganismos probióticos já vem sendo aplicado em diversos produtos, seja na forma de bebidas ou até mesmo como suplementos em cápsulas (SILVA et al., 2019)

Dessa maneira, o presente trabalho teve como principal objetivo a utilização da polpa de umbu-cajá como meio de desenvolvimento para cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* com a finalidade de avaliar seu comportamento em uma matriz alimentar vegetal por um período de 28 dias de armazenamento.

2. Materiais e métodos

São descritos a seguir os materiais e metodologias que foram aplicadas nos experimentos desenvolvidos em parceria com os laboratórios: LAPP (Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), LEA (Laboratório de Engenharia de Alimentos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, e NUPEA (Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos) na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na Paraíba.

2.1 Processamento da polpa *in natura*

Para desenvolvimento experimental deste trabalho, foram utilizados frutos de umbu-
cajá (*Spondias* spp.) maduros, obtidos no comércio local na cidade de Campina Grande, Paraíba, colhidas no período da safra de 2019. Os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados, posteriormente foram realizadas as etapas de higienização, despulpamento e armazenamento sob congelamento (-18 °C).

2.2 Estudo cinético para obtenção da polpa probiótica

Inicialmente, foi realizado o ajuste do pH inicial da polpa para valores compreendidos entre 6,5 e 7,0 utilizando solução diluída de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com função de reguladora da acidez (ANVISA, 2007).

A polpa com o pH ajustado foi tratada termicamente à 65 °C por 20 min em banho termostático, após ser resfriada (37 °C), foi realizada a inoculação da cultura probiótica na polpa numa proporção de 0,1 % (m/v), com concentração de 12 log UFC, de forma asséptica em câmara de fluxo laminar. O estudo consistiu em acompanhar a estabilidade da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94), por meio do número de células viáveis, onde também serão analisados os parâmetros de pH e acidez conforme AOAC (2016), de 3 em 3 h, por um período total de 30 h à temperatura de 37 °C, em anaerobiose, a fim de que fossem estabelecidas as melhores condições de incubação para o enquadramento da polpa nas especificações de alimento probiótico (8 a 9 log UFC mL⁻¹).

A contagem do número de células viáveis (NCV) foi realizada a partir da diluição seriada da amostra em água peptonada 1% (m/v), em duplicata, por plaqueamento em profundidade e sobre camada, utilizando o meio de cultura Man Rogosa Sharpe Agar – MRS, com adição de L-cisteína 0,05%, incubando-se a 37 °C por 72 h em jarras de anaerobiose contendo sistema de controle de oxigênio (LIMA et al., 2009).

2.3 Caracterização físico-química e química das polpas *in natura* e probiótica

As polpas de umbu-cajá *in natura* e probiótica foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos e químicos de: pH, acidez, sólidos solúveis, teor de água e sólidos totais conforme os procedimentos analíticos descritos em AOAC (2016). A análise do teor de açúcares redutores, foi conduzida com base no método proposto por Miller (1959). O teor de compostos fenólicos totais foi realizado de acordo com metodologia proposta por (SINGLETON; ROSSI, 1965). O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado conforme procedimentos descritos em Keller e Schwager (1977). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

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

O ensaio para o potencial antioxidante reativo total (TRAP) não-enzimático foi realizado para avaliar a capacidade antioxidante da polpa integral de umbu-cajá adicionada e probiótica. O ensaio foi conduzido de acordo com Moresco et al. (2017). Os dados foram transformados em a área sob curva (AUC) usando o software (GraphPad software San Diego, CA, EUA; versão 5.0).

As leituras de reatividade antioxidante total (TAR) foram obtidas no mesmo experimento. Estes resultados foram calculados como a razão da luz intensidade na ausência de amostras (I_0) / intensidade luminosa após adição de mistura.

2.5 Viabilidade da polpa probiótica durante armazenamento

Para a avaliação da viabilidade da polpa de umbu-cajá probiótica com enquadramento em alimento funcional, mediante estudo cinético, foram realizadas análises dos parâmetros de pH, acidez, número de sólidos solúveis (°Brix) e contagem do número de células viáveis, após 1, 7, 14, 21 e 28 dias da obtenção da polpa probiótica, submetida ao armazenamento sob refrigeração (4 ± 2 °C).

2.6 Análise estatística

Os dados das caracterizações físico-químicas e 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 beta (ASSIS; AZEVEDO, 2016).

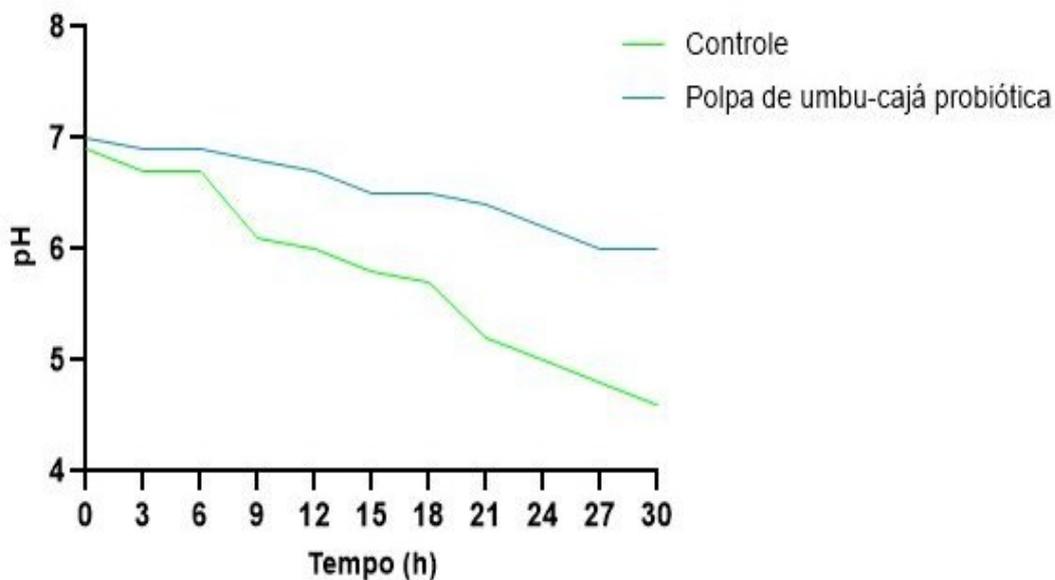
3. Resultados e discussão

As condições ideais necessárias para o desenvolvimento da cultura na polpa de umbu-cajá foram confirmadas de acordo com os resultados obtidos no estudo cinético, que visou a manutenção e viabilidade da cepa nas concentrações estabelecidas pela legislação.

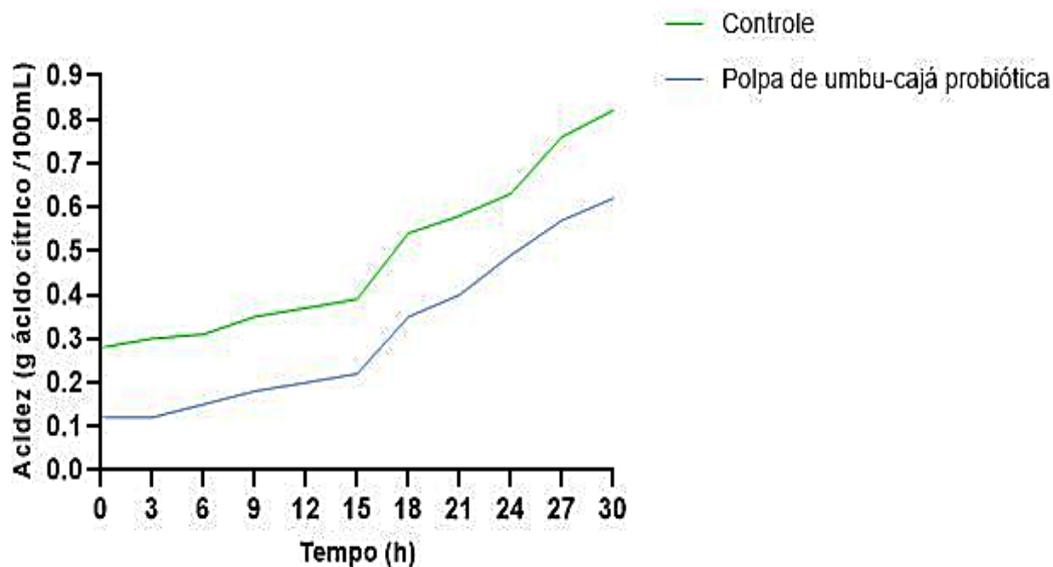
3.1 Estudo cinético para obtenção da polpa probiótica de umbu-cajá

Verificou-se um comportamento polinomial decrescente para o pH e na Figura 1 (b) crescente para a acidez, sendo estes os melhores modelos matemáticos que representam os dados experimentais da cinética para esses parâmetros.

Foram apresentados ajustes apropriados com valores de R^2 superiores a 0,98 para pH e para acidez, tanto para a polpa quanto para o controle.



(a)



(b)

Figura 1-Valores de pH (a) e acidez (b) durante estudo cinético para desenvolvimento da cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94).

Em virtude do desenvolvimento das bifidobactérias necessitarem de uma faixa ideal de pH que varie entre 6,5 e 7,0, e por apresentar sensibilidade a pH inferior a 5,0 (FERREIRA, 2012), o início da incubação foi conduzido com valores de pH de 6,9 para o controle, e 7,0 para a polpa probiótica de umbu-cajá, valores classificados como neutros.

Após transcorridas 30 h foi possível observar uma redução gradativa do pH obtendo valores de 4,6 e 6,0, para o controle e a polpa, respectivamente, comportamento justificado devido a atuação da bactéria que, ao se desenvolver, preconiza um declínio no pH das matrizes

Em relação à acidez foi possível constatar um comportamento oposto por se tratar de um parâmetro que varia de forma inversa ao pH: os valores obtidos, durante o estudo para a acidez em ácido cítrico, foram compreendidos entre 0,28 e 0,82 (%) para o controle, e de 0,12 e 0,62 (%) para a polpa de umbu-cajá. A relevância para quantificação dos parâmetros citados está relacionada com as características sensoriais do meio, sendo também responsáveis pela viabilidade dos micro-organismos (BARBOSA; GALLINA, 2017).

Na Figura 2 é possível observar os valores do número de células viáveis (NCV) das bactérias probióticas na polpa de umbu-cajá durante o estudo cinético. Verificou-se um comportamento polinomial, sendo este o melhor modelo matemático para os dados experimentais da cinética, onde foram apresentados ajustes com valores de R^2 superior a 0,93 para o controle (C), e de 0,81 para a polpa de umbu-cajá (PUC).

A gama de meios seletivos disponíveis para identificar e enumerar cepas de interesse probiótico é relativamente limitada, e é importante destacar que não existe nenhum meio de cultura ou protocolo oficial padronizado aplicável a todos os microrganismos probióticos atualmente utilizados em alimentos, já que há grande variabilidade de respostas ao plaqueamento a nível de espécies, subespécies e cepas (DIAS,2019).

A contagem inicial para o número de células viáveis apresentou uma concentração de $1,0 \cdot 10^9$ UFC mL⁻¹, com fase exponencial de crescimento iniciada após 15 h de incubação. Após 24 h, a viabilidade se encontrava em $4,15 \cdot 10^9$ UFC mL⁻¹ para o controle, e $3,20 \cdot 10^9$ UFC mL⁻¹ para polpa, definindo esse tempo como o mais propício para o desenvolvimento do microrganismo estudado, uma vez que decorridas as 24 h até 30 h foi observado uma redução na contagem das bactérias probióticas, sendo perceptível a fase de declínio do desenvolvimento microbiano também ocorrido ao ser utilizado o controle (meio de cultura).

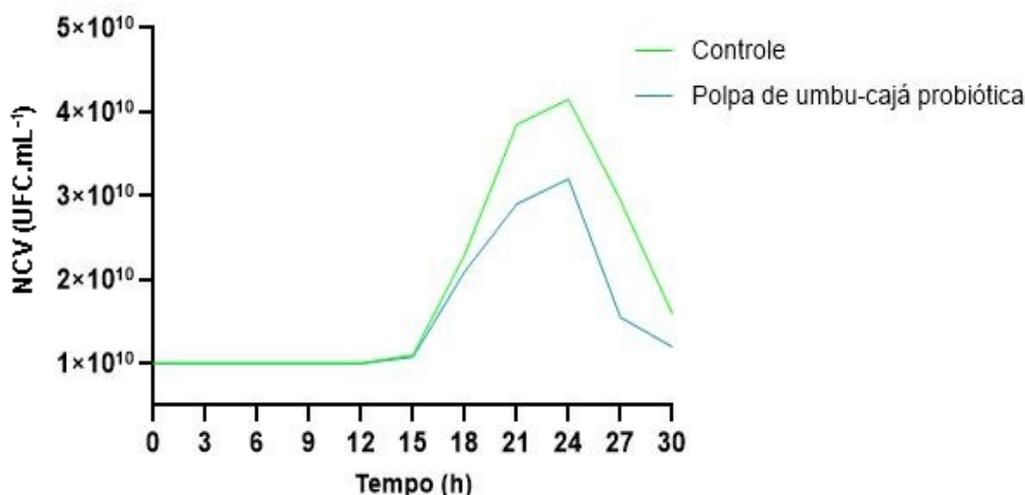


Figura 2- Contagem do número de células viáveis (NCV) da cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94) durante estudo cinético.

De acordo com o objetivo almejado, a contagem obtida estabelece que a nova matriz proposta à base de umbu-cajá teve comportamento favorável, pois, de acordo com Ferreira (2012), as bifidobactérias diferem das demais bactérias lácticas por metabolizarem a glicose através da via frutose-6-fosfato, graças à enzima frutose-6- fosfato fosfocetolase. Através desta via, a frutose-6-fosfato é quebrada em eritrose-4-fosfato e acetil-fosfato, produzindo no final da

rota metabólica 1 mol de ácido láctico e 1,5 mols de ácido acético para cada mol de glicose. Além da produção de ácidos, algumas cepas são capazes de sintetizar algumas vitaminas do complexo B, como tiamina, piridoxina, niacina e riboflavina, além de ácido fólico. Logo, foi possível observar a estabilidade da cultura estudada com concentrações que apresentaram níveis suficientemente elevados para ser de relevância fisiológica.

Por conseguinte, a polpa de umbu-cajá pode ser considerada um veículo apropriado para incorporação de cultura probiótica visando a elaboração de um novo alimento funcional, que poderá servir como base na elaboração dos mais variados produtos.

3.2 Caracterização físico-química e química das polpas *in natura* e probiótica

Em virtude da manutenção das principais propriedades nutricionais oferecidas pela polpa de umbu-cajá integral, ensaios quantitativos de parâmetros químicos e físico-químicos foram realizados na polpa *in natura* e após adição da cultura probiótica para fins comparativos, conforme Tabela 1.

Na Tabela 1, verifica-se o pH da polpa integral de 3,03, valor aproximado ao estudo conduzido por Gondim et al. (2013), que ao avaliarem frutos de umbu-cajá pertencentes ao mesmo gênero de Spondias, determinaram um valor médio de 3,40, sendo atribuída classificação de ácido em ambos.

Tabela 1- Caracterização das polpas de umbu-cajá, *in natura* e probiótica.

Parâmetros	Polpa <i>in natura</i>	Polpa Probiótica
pH	3,03 ± 0,058	4,73 ± 0,058
Acidez (% de ácido cítrico)	1,52 ± 0,036	1,64 ± 0,036
Sólidos solúveis totais (°Brix)	15,1 ± 0,058	13,4 ± 0,100
Teor de água (%)	87,4 ± 0,153	87,5 ± 0,100
Sólidos totais (%)	12,6 ± 0,153	12,5 ± 0,100
Fenólicos totais (mg/g)	23,98 ± 1,527	31,17 ± 1,199
Ácido ascórbico (mg/ g)	13,53 ± 0,520	15,55 ± 0,456
Açúcares redutores (µg/mg)	4,059 ± 0,043	3,203 ± 0,003
Carotenoides (µg/100 g)	66,29 ± 0,0004	23,40 ± 0,0004

Médias (n=3) seguidas de desvio padrão.

Em relação ao pH da polpa probiótica, obteve-se um valor de 4,73, sendo superior quando comparado ao da polpa integral. Esse comportamento é justificado devido a necessidade em ajustar o pH inicial (para inoculação da cultura probiótica) para valores classificados como neutros, ocasionando um declínio no valor do pH, conforme desenvolvimento da bactéria no meio. Foi constatado um aumento do valor da acidez na polpa, uma vez que a mesma varia de forma inversa ao pH. De acordo com Gallina et al. (2018), a baixa acidez favorece a aceitabilidade do produto e ocasiona um menor decréscimo da viabilidade de microrganismos probióticos.

O teor de sólidos solúveis totais foi de 15,1 °Brix na polpa integral in natura, e de 13,4 °Brix na polpa de umbu-cajá probiótica. Essa redução pode ser atribuída a necessidade nutricional da bactéria através do seu consumo, bem como esse comportamento também pode ser observado no teor de açúcares redutores, com valor de 4,059 na polpa in natura, para 3,203 na polpa probiótica. O conteúdo de açúcares redutores se constitui principalmente de glicose e frutose. Já os teores de água e sólidos totais apresentaram-se estáveis para polpa in natura e probiótica.

O conteúdo de compostos fenólicos obteve aumento quando comparado à polpa in natura com a probiótica de 23,98 mg/g para 31,17 mg/g, respectivamente, sendo a concentração dos compostos fenólicos de grande importância, pois a presença destes trazem benefícios ao organismo quando ingeridos, devido sua associação a uma elevada atividade antioxidante.

Foi possível observar que a quantidade de ácido ascórbico, obtido na polpa probiótica, foi maior do que integral de 13,53 mg/g para 15,55 mg/g. O teor desse componente está relacionado a capacidade de combater alguns microrganismos patógenos que possam vir a existir no meio.

As substâncias voláteis e bioativas presentes nas Spondias são identificadas e quantificadas nos estudos feitos, mostrando assim sua importância nutricional. Além do sabor, a presença de quantidades consideráveis de micronutrientes recomenda fortemente os frutos para uma alimentação saudável e sugere perspectivas promissoras para o desenvolvimento tecnológico de novos produtos (GOUVÊA et al., 2017).

Sendo assim, os resultados obtidos ajudam a fundamentar que a polpa de umbu-cajá apresenta um grande potencial para a produção de novo alimento probiótico, pois forneceu um meio ideal para o crescimento da *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*, com parâmetros favoráveis quando comparados ao meio utilizado como controle.

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

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 (BORTOLIN et al., 2016; MARTINS et al., 2019). Na Figura 3 constam os resultados para os ensaios de TRAP e TAR realizados das polpas de umbu-cajá integral e probiótica.

De acordo com as Figuras 3A e 3B a seguir, é possível observar diferentes significâncias entre as amostras: para a polpa integral, ressalta-se que menores concentrações foram significativas quando comparadas a polpa de umbu-cajá probiótica, com valores de 0,05; 0,5; 5 e 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e de 5 e 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente. Esse comportamento justifica-se uma vez que o potencial antioxidante reativo total pode apresentar-se melhor para uma amostra em relação a outra, devido a composição de nutrientes presentes, uma vez que esses proporcionam teor reduzidos na polpa probiótica devido a nutrição necessária para o desenvolvimento da bactéria. Todavia, salienta-se que, para ambas as amostras, a maior reatividade foi constatada na concentração de 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$, ou seja, para ambas as amostras os compostos antioxidantes foram mais reativos na mesma concentração.

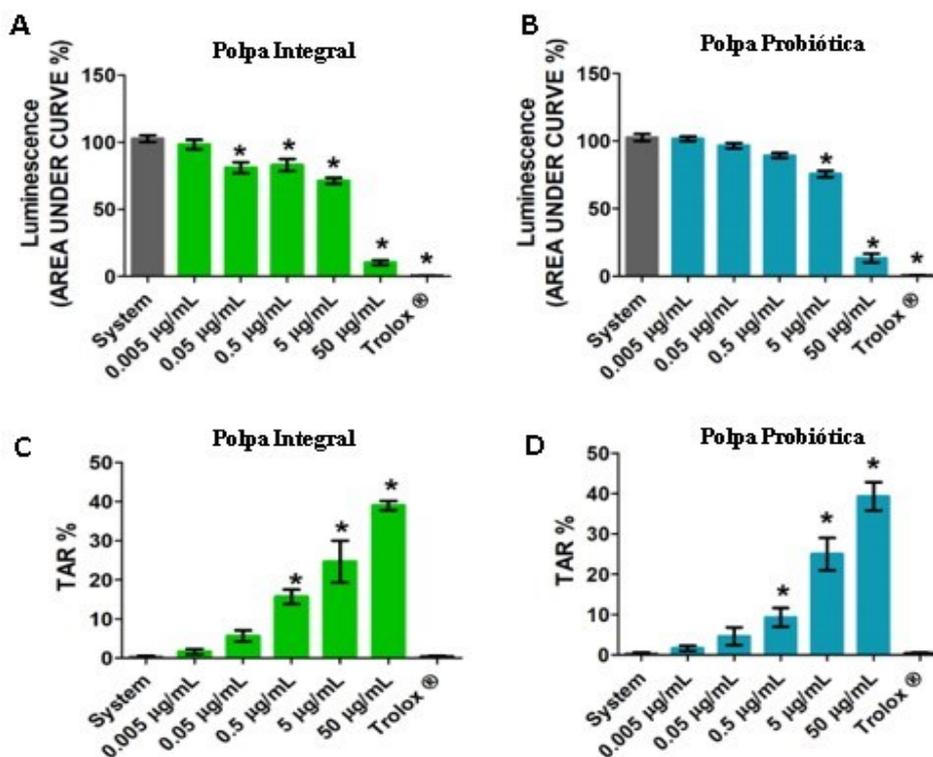


Figura 3 - Análise do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) das polpas de umbu-cajá integral e probiótica: A) TRAP polpa integral; B) TRAP polpa probiótica; C) TAR polpa integral; D) TAR polpa probiótica.

Martins et al. (2019) afirma é possível observar o efeito após a adição de um composto antioxidante sob a luminescência que é induzida por meio de radicais livres, sendo assim possível observar a qualidade do antioxidante acessível: essa observação se dá através da reatividade antioxidante total (TAR).

Nas Figuras 3C e 3D pode-se analisar o TAR das polpas de umbu-cajá integral e probiótica, respectivamente, sendo observado que houve significância em ambas as amostras para três concentrações (0,5, 5 e 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Como descrito anteriormente, segundo Martins et al. (2019), para a reatividade antioxidante total tem-se que o resultado indica que, para a amostra da polpa probiótica, tinha mais compostos antioxidantes e ressaltando que esses antioxidantes foram mais reativos.

De acordo com Zeraik et al. (2016), o alto potencial antioxidante do umbu-cajá está associado à concentração de compostos fenólicos, onde destaca-se, principalmente, a presença de taninos.

Com isso, em virtude dos resultados obtidos pode-se afirmar que, assim como para os parâmetros físico-químicos e químicos analisados em ambas as polpas (Tabela 1), a inoculação da cultura probiótica na polpa de umbu-cajá permite a obtenção de uma nova matriz que pode ser utilizada como alimento funcional proporcionando, além de teores relevantes de compostos bioativos, um potencial antioxidante que é de fundamento importante para uma série de benefícios à saúde humana.

3.4 Viabilidade da polpa probiótica durante armazenamento sob refrigeração

Pesquisas desenvolvidas citam que o tempo de vida de prateleira de produtos probióticos deve obedecer rigorosamente a data de validade estipulada, de 28 a 30 dias, em uma temperatura compreendida entre de 2- 5 °C, afim de que os benefícios probióticos sejam atingidos e não causem desconfortos à saúde intestinal do indivíduo.

Muitas condições podem afetar a viabilidade das bactérias probióticas em polpas de frutas, de acordo com Shori (2016), destacando, sobretudo, a alta concentração de ácidos orgânicos e o pH (geralmente encontrado em valores abaixo de 4,0), a toxicidade ao oxigênio

no caso de bactérias anaeróbias, o tempo e a temperatura de estocagem, além da ausência ou insuficiência de alguns peptídeos e aminoácidos livres necessários ao metabolismo dos probióticos.

Na Tabela 2 estão apresentados os principais parâmetros que variam em função do desenvolvimento da bifidobactérias utilizada e a contagem celular da mesma.

Além das condições que podem afetar a viabilidade de probióticos em alimentos, que elucidam a variação dos parâmetros de forma discrepante no decorrer da estocagem para cultura incubada no meio de controle, destaca-se que, segundo Wilkinson (2018), as técnicas microbiológicas clássicas, denominadas dependentes de cultivo, baseiam-se principalmente na capacidade de um microrganismo em crescer e multiplicar-se em meios de cultura sob condições específicas, mas embora sejam consideradas como “padrão ouro” (para enumeração de muitos microrganismos em alimentos para fins de rotina laboratorial), essas técnicas apresentam algumas limitações e desvantagens.

Tabela 2- Análise da viabilidade da polpa de umbu-cajá probiótica e solução controle (meio de cultura MRS com cisteína 0,05%).

	Dias	pH	ACIDEZ	SST	NCV
Polpa probiótica (Umbu-cajá)	1	5,23a±0,152	0,485c±0,036	10,5a±0,5	2,45E+10a±2,553E+9
	7	5,10ab±0,00	0,537c±0,031	9,13b±0,115	2,45E+10a±2,802 E+9
	14	5,03ab±0,058	0,674b±0,036	9,10c±0,1	2,29 E+10a±1,210 E+9
	21	4,9b±0,00	0,780a±0,037	9,06c±0,06	1,40 E+10b±3,786 E+8
	28	4,52c±0,063	0,800a±0,036	9,03c±0,05	1,12 E+10b±1,895 E+9

SST- sólidos solúveis totais; NCV número de células viáveis: a, b, c – valores com pelo menos uma letra igual na mesma coluna não difere entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância (p>0,05).

	Dias	pH	ACIDEZ	SST	NCV
Controle (Meio MRS)	1	5,03a±0,057	1,117a±0,036	6,066a±0,115	4,15E+10c±7,27E+09
	7	4,77c±0,057	1,222a±0,036	5,966a±0,057	4,57E+10c±8,56E+09
	14	5,00a±0,005	1,159a±0,096	5,866a±0,115	2,60E+10b±2,91E+09
	21	5,10ab±0,100	1,370c±0,036	5,866a±0,057	1,28E+10ab±1,06E+09
	28	5,23b±0,057	0,916b±0,031	5,033b±0,057	1,12E+10a±3,11E+09

SST- sólidos solúveis totais; NCV número de células viáveis: a, b, c – valores com pelo menos uma letra igual na mesma coluna não difere entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Dentre algumas desvantagens pode-se citar a falta de especificidade e seletividade, principalmente para microrganismos cujas espécies são filogeneticamente intimamente relacionadas e que apresentam necessidades nutricionais e condições de crescimento semelhantes, como é o caso de bactérias probióticas pertencentes aos gêneros *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* e bactérias ácido lácticas utilizadas como iniciadoras em processos fermentativos (VINDEROLA et al., 2011).

Além disso, métodos dependentes de cultivo envolvem técnicas laboriosas que empregam grandes volumes de meios de cultura, requerem tempo considerável para obtenção de resultados (em geral entre 24-72 h) e podem superestimar ou subestimar a população de microrganismos viáveis na amostra, o que justifica o resultado discrepante obtido no dia 14 para polpa inoculada.

Segundo Caldeira et al. (2018), os efeitos adversos enfrentados dos microrganismos probióticos durante o período de armazenamento (como tensões causada pelo frio, oxidação devido à exposição a oxigênio e pós-acidificação) justificam o decréscimo no número de células durante a estocagem. Esse fenômeno pode ser observado na Tabela 2, onde salienta-se que apesar do declínio na contagem das bactérias de $2,45^{10}$ para $1,12^{10}$ UFC mL⁻¹, ao final do armazenamento, os valores ainda assim são superiores ao citados nas pesquisas desenvolvidas por Gallina et al. (2018) e Barbosa e Gallina (2017), que descreveram diversos estudos que classificam um produto probiótico com concentrações de, no mínimo, 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colônia (UFC) do microrganismo probiótico.

Ao se estabelecer um equivalente de $10 \log$ UFC mL⁻¹ aos valores obtidos, a fim de comparação da eficiência da nova matriz, a base de polpa de frutas, como meio de desenvolvimento para bifidobactérias, pode-se verificar que pesquisas conduzidas com produtos lácteos apresentaram contagens inferiores ao presente estudo.

Gallina et al. (2018) verificaram contagens de bifidobactérias de $6 \log$ UFC mL⁻¹ para leites fermentados com e sem adição de frutooligossacarídeos (FOS) durante 28 dias de estocagem refrigerada. Gallina et al. (2011) observaram que a viabilidade da cultura probiótica, em uma bebida desenvolvida com uma mistura (50/50%) de leite fermentado (com cultura de iogurte e bifidobactérias) e polpa de goiaba, com e sem a adição de FOS, se manteve com valores entre 6 e 7 logs UFC mL⁻¹, durante 30 dias de estocagem refrigerada. De acordo com Zhao et al. (2017), esse comportamento pode ocorrer em resposta à condições de estresse ambiental

durante a formulação e armazenamento, tais como exposição a ambientes ácidos, aquecimento ou secagem, os microrganismos podem fazer a transição para um estado fisiológico viável mas não cultivável (VNC), em que se mantêm metabolicamente ativos, porém, perdem a capacidade de se multiplicar e, portanto, crescer em meios de cultivo.

4. Conclusão

A polpa de umbu-cajá pode ser abordada como uma nova matriz alimentícia vegetal favorável para manutenção da viabilidade da cultura probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. Lactis, durante armazenamento sob refrigeração com presença de compostos bioativos em concentrações significativas que favorecem a capacidade antioxidante e elucida a importância de uma nutrição saudável.

Desta forma, a elaboração de novo produto funcional obtido por meio do aproveitamento de uma fruta de grande disseminação na região do nordeste brasileiro. O produto obtido proporciona concentração da cultura probiótica superior aos encontrados em matrizes lácteas, atribuindo um perfil inovador devido não fazer o uso de componentes alergênicos e apresentar odor atrativo característico do umbu-cajá.

5. Referências Bibliográficas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf>. Acessado em: 03-10-2020.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/Informes/33_251007.htm>. Acesso em: 20 jul 2016.

AOAC - Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

ARORA, M.; PANDOVE, G. **Probiotics and its health benefits**, v. 3, p. 8, 2014.

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, 2017.

CARVALHO, de F. L. O.; UYEDA, M.; BUONOM, H. C. del; GONZAGA, M. F. N. Probióticos e prebióticos: Benefícios acerca da literatura. **Revista de Saúde ReAGES**, v.1, n.1, p. 58-87, 2017.

FERREIRA, C. L. DE L. F. **Prebióticos e Probióticos: Atualização e prospecção**. Editora Rubio, 2012.

GALLINA, D. A.; SILVA, A. T.; DE SOUZA TRENTO, F. K. H.; CARUSI, J. Caracterização de leites fermentados com e sem adição de probióticos e prebióticos e avaliação da viabilidade de bactérias lácticas e probióticas durante a vida-de-prateleira. **Journal of Health Sciences**, v. 13, n. 4, 2011.

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 do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 4, p. 196 - 208, 2018.

GOUVÊA, R. F.; RIBEIRO, L. O.; SOUZA, E. F.; PENHA, E. M.; MATTA, V. M.; FREITAS, S. P. Effect of enzymatic treatment on the rheological behavior and vitamin C content of *Spondias tuberosa* (umbu) pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p.2176-2180, 2017.

GONDIM, P. J.; SILVA, S. D. M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. D. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1217–1221, 2013.

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

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

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

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.

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, D.; VIDAL, L., ARES, G.; WALTER, E. H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R. Sensory, microbiological and physicochemical screening of probiotic cultures for the development of non-fermented probiotic milk. **LWT - Food Science and Technology**, v. 79, p. 234–241, 2017.

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.

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.

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.

SHEU, T.Y.; MARSHALL, R. T.; HEYMANN, H. Improving Survival of Culture Bacteria in Frozen Desserts by Microentrapment¹. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 7, p. 1902–1907, 1993.

SHORI, A. B. Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. **Food Bioscience**, v. 13, p. 1–8, 2016.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. 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.

SILVA, T. M. D., BARIN, J. S., LOPES, E. J., CICHOSKI, A. J., FLORES, E. M. D. M., SILVA, C. D. B. D., MENEZES, C. R. D. Development, characterization and viability study of probiotic microcapsules produced by complex coacervation followed by freeze-drying. **Ciência Rural**, v. 49, n. 7, 2019.

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.

SILVA, T. M. D.; BARIN, J. S.; LOPES, E. J.; CICHOSKI, A. J.; FLORES, E. M. D. M.; SILVA, C. D. B. D.; MENEZES, C. R. D., G. Cell viability and functionality of probiotic bacteria in dairy products. *Frontiers in Microbiology*, v. 2, p. 1–6, 2011.

WILKINSON, M. G. Flow cytometry as a potential method of measuring bacterial viability in probiotic products: A review. **Food Science and Technology**, v. 78, p. 1–10, 2018.

ZERAIK, M. L.; QUIROZ, E. F.; MARCOURT, L.; CICLET, O.; CASTRO-GAMBOA, I.; SILVA, D. H. S.; WOLFENDER, J. Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, v.21, p 396-405, 2016.

ZHAO, X; ZHONG, J.; WEI, C.; LIN, C. W.; DING, T. Current perspectives on viable but non-culturable state in foodborne pathogens. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 1-16, 2017.

ARTIGO 2

SECAGEM EM LEITO DE JORRO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA

RESUMO

Com destaque no cenário mundial devido cultivo das mais variadas espécies frutíferas, o Brasil dispõe da produção de frutas exóticas de elevada aceitação devido atributos sensoriais que se ressaltam, por exemplo, o umbu-cajá, com grande disseminação na região Nordeste. Na busca por técnicas que possam reduzir os desperdícios gerados por elevadas produções em períodos sazonais tem-se o emprego dos métodos de secagem. Por conseguinte, o presente trabalho tem como objetivo a utilização do processo de secagem em leito de jorro visando um aumento na vida útil desse fruto, bem como seu aproveitamento como matriz alimentícia para incorporação de cultura probiótica. Para obtenção da polpa probiótica de umbu-cajá em pó foi utilizada a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, mediante delineamento fatorial compreendendo 11 experimentos variando a temperatura de entrada e concentração de adjuvantes de secagem (maltodextrina e inulina). Como variáveis dependentes, obteve-se o rendimento do processo de secagem e o número de células viáveis. Foram realizadas caracterizações físico-químicas e químicas na polpa de umbu-cajá probiótica líquida e resultante dos 11 ensaios de secagem. Os resultados obtidos, através do delineamento fatorial para variável dependente do número de células viáveis dos 11 ensaios, apresentaram-se de acordo com a legislação vigente para classificação com ação terapêutica. O maior rendimento do processo foi obtido no ensaio utilizando uma temperatura de 80 °C com maior concentração de maltodextrina (10%) e menor de inulina (1,0%). Mediante as análises realizadas para fins comparativos entre as polpas probióticas líquida e em pó, constatou-se uma concentração dos componentes e redução no teor de água após o processo de secagem, resultando numa polpa probiótica de umbu-cajá em pó como produto fonte de compostos bioativos, dispondo das características físico-químicas necessárias para viabilidade da cultura probiótica utilizada.

Palavras-chave: bifidobactéria; *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; delineamento fatorial; contagem de células viáveis; rendimento.

ABSTRACT

Prominent in the world scenario due to the cultivation of the most varied fruit species, Brazil has the production of exotic fruits with high acceptance due to sensory attributes that stand out, for example, the umbu-cajá, which is widely disseminated in the Northeast region. In the search for techniques that can reduce the waste generated by high productions in seasonal periods, drying methods are used. Therefore, this work aims to use the spouted bed drying process to increase the shelf life of this fruit, as well as its use as a food matrix for incorporation of probiotic culture. To obtain the probiotic pulp of powdered umbu-cajá, the bacterium *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, through a factorial design comprising 11 experiments varying the inlet temperature and concentration of drying aids (maltodextrin and inulin). As dependent variables, the yield of the drying process and the number of viable cells were obtained. Physical-chemical and chemical characterizations were carried out on the liquid probiotic umbu-cajá pulp resulting from 11 drying tests. The results obtained, through the factorial design for the dependent variable of the number of viable cells of the 11 assays, were

presented in accordance with the current legislation for classification with therapeutic action. The highest yield of the process was obtained in the test using a temperature of 80 °C with a higher concentration of maltodextrin (10%) and a lower concentration of inulin (1.0%). Through the analyzes carried out for comparative purposes between the liquid and powdered probiotic pulps, a concentration of the components and a reduction in the water content were found after the drying process, resulting in a powdered probiotic pulp of umbu-cajá as a source product of compounds bioactives, having the physicochemical characteristics necessary for the viability of the probiotic culture used.

Keywords: bifidobacterium; *Bifidobacterium animalis ssp. lactis*; factorial design; viable cell count; Yield.

1. Introdução

As mudanças no estilo de vida de boa parte da população vêm ocorrendo nos últimos anos com o intuito de promover uma longevidade, baseada no bem-estar e manutenção da saúde. Nesse contexto, a implementação de novos hábitos alimentares elevou a procura por alimentos mais nutritivos, saudáveis e com amplos benefícios para a saúde, como os alimentos funcionais, conforme afirma Jaimez-Ordaz et al. (2019). Associada a essa busca pode-se destacar o consumo de frutas e vegetais.

Segundo de Souza et al. (2017), um considerável percentual da produção nacional de frutas é atribuído à região Nordeste do Brasil, a qual apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da atividade de fruticultura. Em sua maioria, essas frutas são consumidas *in natura*, no entanto, os processamentos as transformam em produtos muito apreciados como polpa, suco, geleia, compota, néctar, entre outros (SILVA et al., 2017).

Algumas frutíferas consideradas exóticas, nativas do nordeste brasileiro, são do gênero *Spondias* como o umbu-cajá (*Spondias* spp.) que é um híbrido natural entre as espécies *Spondias mombin* e *Spondias tuberosa*, bastante disseminado devido à peculiaridade no sabor agridoce com aroma agradável e rico em compostos bioativos. De acordo com Dutra et al. (2017), esses frutos têm sido destinados ao aproveitamento agroindustrial, com consequente comercialização dos produtos derivados onde despertaram o interesse da comunidade científica nos últimos anos com estudos, desde a caracterização e aproveitamento até o uso medicinal das frutas deste gênero conduzidos com objetivo de explorar e conhecer essas matrizes.

As polpas de frutas vêm sendo utilizadas para fornecer os probióticos, pois além de ricos em nutrientes, contêm concentrações de açúcares adequadas para estimular o crescimento destes microrganismos benéficos (SANTOS et al., 2019). Os probióticos são tidos como alimentos funcionais que dominam o mercado atual, definidos como microrganismos viáveis que exibem efeitos benéficos para a saúde do hospedeiro, quando ingeridos em quantidades adequadas (HILL et al., 2014). Portanto, estudos com a inoculação de microrganismos probióticos em suco de frutas e vegetais são promissores e vêm ganhando espaço como opção para o desenvolvimento de novos produtos.

Contudo, em virtude da utilização desses frutos, é importante destacar que em alguns períodos geram-se grandes desperdícios ocasionados pelo aumento da produção. Dessa maneira, o aproveitamento e processamento de frutas constitui-se em uma alternativa viável, possibilitando seu consumo em qualquer período do ano e não apenas na época de safra, além de aumentar o tempo de vida útil desses alimentos. Dentre as técnicas empregadas para a

manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, pode-se aplicar a desidratação que, além de ser utilizada como método de conservação impedindo a deterioração e perdas no valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado. Dessa forma, visando a conservação das frutas, vários métodos de secagem são utilizados com a finalidade de disponibilizar a fruta na forma de pó buscando preservar suas características nutritivas e compostos bioativos (SANTOS et al., 2020).

Diversos processos de secagem podem ser aplicados com a finalidade de disponibilizar a fruta na forma de pó, podendo ser utilizados os secadores em leito de jorro, spray-dryer, bandeja, drum-dryer, dentre outros, de acordo com Ferreira (2017). A secagem de alimentos utilizando-se secadores de leito de jorro com partículas inertes tem sido bastante estudada. Este secador tem-se mostrado boa alternativa, fornecendo produtos de boa qualidade, a custos inferiores quando comparado a outros equipamentos de secagem, apresentando-se como viável para a obtenção da polpa de fruta na forma de pó, utilizando-se temperaturas inferiores a 100 °C, o que evita perdas elevadas de compostos termossensíveis, contribuindo para melhor aproveitamento do fruto e agregação de valor à matéria prima (FUJITA et al., 2013).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo a utilização da polpa de umbu-cajá para incorporação de uma cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) submetida a secagem em leito de jorro, visando a obtenção de um alimento funcional em pó.

2. Material e Métodos

São descritos a seguir os materiais e metodologias que foram aplicadas nos experimentos desenvolvidos em parceria com os laboratórios: LAPP (Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), LEA (Laboratório de Engenharia de Alimentos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, e NUPEA (Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos) na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na Paraíba.

2.1 Matérias-primas e processamento da polpa *in natura*

Para desenvolvimento experimental deste trabalho, foram utilizados frutos de umbu-cajá (*Spondias* spp.) maduros, obtidos no comércio local na cidade de Campina Grande, Paraíba, colhidas no período da safra de 2019. Os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados, posteriormente foram realizadas as etapas de higienização, sanitização, despolpamento e armazenamento sob congelamento (-18 °C).

A cultura probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94). Como adjuvantes de secagem foram utilizados inulina (ROVAL®) e maltodextrina (MOR-REX® 1910), respectivamente.

2.2 Inoculação do microrganismo

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial da polpa de umbu-cajá integral 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), com posterior tratamento térmico à 85 °C por cerca de 1 a 2 min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a inoculação da cultura probiótica comercial liofilizada *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (12 log UFC) na polpa numa proporção de 0,1 % (m/v). A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, com posterior incubação em estufa bacteriológica a 37±2 °C por 22 h em anaerobiose.

2.3 Delineamento fatorial para o processo de secagem da polpa probiótica em leite de jorro

Para otimização do processo de secagem em leite de jorro da polpa de umbu-cajá probiótica foi realizado um delineamento fatorial visando avaliar a influência das variáveis

independentes de: temperatura de entrada do ar de secagem (T_{en} , °C), concentração de maltodextrina (C_{MALTO} , %) e concentração de inulina (C_{INU} , %). Na Tabela 1 estão expostos os níveis reais e codificados das variáveis independentes de entrada utilizadas no processo.

Para análise de regressão não linear dos dados experimentais, foi utilizado um delineamento fatorial 2^3 com três repetições no ponto central, resultando em 11 experimentos, a matriz do planejamento fatorial foi obtida pelo programa Statistica, versão 7.0 conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Níveis reais e codificados das variáveis de entrada.

Níveis reais	Níveis codificados		
	-1	0	+1
T_{en} (°C)	60	70	80
C_{MALTO} (%)	5,0	7,5	10,0
C_{INU} (%)	1,0	2,0	3,0

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

Tabela 2 - Matriz de planejamento fatorial 2^3 com 3 repetições no ponto central.

Ensaio	T_{en} (°C)	C_{MALTO} (%)	C_{INU} (%)
1	60	5,0	1,0
2	80	5,0	1,0
3	60	10,0	1,0
4	80	10,0	1,0
5	60	5,0	3,0
6	80	5,0	3,0
7	60	10,0	3,0
8	80	10,0	3,0
9	70	7,5	2,0
10	70	7,5	2,0
11	70	7,5	2,0

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

Como variáveis dependentes foram analisados o número de células viáveis (NCV) e o rendimento.

O número de células viáveis foi obtido a partir da diluição seriada da amostra em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia descrita em Lima et al. (2009). O plaqueamento foi executado em placas de Petri por inoculação em profundidade com adição de

sobrecamada utilizando o meio de cultura Man Rogosa Sharpe Agar – MRS com adição de L-cisteína 0,05%, incubadas a 37 ± 2 °C por 72 h em jarras de anaerobiose contendo sistema de controle de oxigênio. Os resultados obtidos 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: M_C é a massa coletada (g); M_A é a massa alimentada (g); X_C é o teor de água da amostra coletada (g); X_A é o teor de água da amostra alimentada (g).

2.4 Secagem em leito de jorro para obtenção da polpa probiótica em pó

Realizou-se 11 formulações para o processo de secagem em leito de jorro, compostas da polpa de umbu-cajá probiótica com diferentes concentrações de maltodextrina e inulina. As formulações passaram por homogeneização por cerca de 5 minutos até completa dissolução dos adjuvantes. As secagens das polpas de umbu-cajá probióticas formuladas foram realizadas em leito de jorro da marca LabMaq do Brasil, modelo FBD 1.0. As variáveis fixas no processo foram: vazão de ar de 3,5 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 aproximadamente 1000 g. As amostras em pó foram armazenadas em embalagens metálicas flexíveis com zíper (espessura 0,11 mm, tamanho 10x17,5 cm), vedado a vácuo e armazenado em dessecador a temperatura ambiente.

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

A caracterização físico-química e química foi determinada em triplicata para a polpa de umbu-cajá probiótica líquida e em pó (obtida dos experimentos resultantes do delineamento), com o intuito de observar a ação do método de secagem sob a composição da mesma, permitindo assim uma análise mais detalhada desses parâmetros após ter sofrido a ação de temperaturas e incorporação de adjuvantes.

De acordo com os métodos AOAC (2016) foram determinadas as quantificações de pH, acidez, teor de água e sólidos totais.

As análises de açúcares redutores foi desenvolvida com base no método proposto por (MILLER, 1959), o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller e Schwager (1977), a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton e 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 e químicas foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, com resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$), com o auxílio do software Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

No delineamento fatorial 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 Delineamento fatorial para secagem da polpa probiótica em leite de jorro

3.1.1. Variáveis dependentes

Na Tabela 3 estão inseridos os resultados obtidos para rendimento e número de células dos 11 ensaios de secagem adquiridos no delineamento fatorial executado para otimização do processo.

Tabela 3 - Resultados das variáveis dependentes obtidos mediante delineamento fatorial.

Ensaio	T _{en} (°C)	C _{MALTO} (%)	C _{INU} (%)	Rendimento (%)	Número de Células Viáveis (UFC g ⁻¹)
1	60	5,0	1,0	20,5714	3,02E+12
2	80	5,0	1,0	23,7337	2,83E+12
3	60	10,0	1,0	29,1428	1,28E+12
4	80	10,0	1,0	38,6775	1,52E+12
5	60	5,0	3,0	19,6177	1,54E+12
6	80	5,0	3,0	20,2857	2,59E+12
7	60	10,0	3,0	30,6841	1,40E+12
8	80	10,0	3,0	19,1428	1,60E+12
9	70	7,5	2,0	22,8571	1,97E+12
10	70	7,5	2,0	20,001	1,88E+12
11	70	7,5	2,0	22,2857	1,78E+12

T_{en}: Temperatura de entrada do ar de secagem; C_{MALTO}: Concentração de Maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina, UFC: Unidade Formadora de Colônias.

De acordo com a Tabela 3 é possível observar que o resultado obtido para variável rendimento: apresentou proporções que variaram de 19,1428% no ensaio 8 até 38,6775% para o experimento 4, verificando a obtenção do dobro de amostra no mesmo processo de secagem.

Avaliando o resultado encontrado, com relação às variáveis de entrada utilizadas, foram possíveis constatar que o menor rendimento dentre os ensaios realizados onde foram atribuídos os valores máximos para todos os níveis. Sendo assim, atribui-se um custo superior ao processo com uso de alta temperatura e concentrações de adjuvantes maiores implicando na falta de eficácia desejada para o processo. Todavia, salienta-se que ao utilizar-se o menor nível para o adjuvante inulina, mesmo sendo necessário manter os níveis máximos de temperatura e

concentração de maltodextrina (ponderando em termos de custo benefício), torna-se viável o uso dessas condições uma vez que possibilitasse duplicar o rendimento obtido na secagem.

Em termos do número de células viáveis, todos os resultados obtidos para os 11 ensaios de secagem apresentaram valores próximos tendo em vista que os resultados são na ordem de $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$. Para fins comparativos, conforme Tabela 3, pode-se destacar o ensaio 1 com maior concentração de células viáveis em relação aos demais ensaios de secagem. Todas as variáveis utilizadas, nesse experimento, utilizaram os níveis mínimos que corroboram para um baixo custo do processo, confirmando também uma maior resistência da bactéria mediante a menor temperatura, uma vez que o alto da mesma pode influenciar na degradação da cepa.

O resultado encontrado para contagem da cultura probiótica é superior ao de alguns estudos desenvolvidos com probióticos em outras polpas de fruta. Kingwatee et al. (2015) realizaram o processo de secagem por atomização no suco de lichia adicionado de *Lactobacillus casei*, utilizando maltodextrina e goma arábica, misturado ou não com inulina, e obtiveram inicialmente uma contagem de $10 \log \text{ UFC g}^{-1}$. Paim et al. (2016) realizaram a microencapsulação do suco de juçara probiótico por secagem por pulverização, empregando a bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis e obtiveram como resultado um número de células viáveis de $10,66 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ao utilizarem uma proporção de 50:50 de maltodextrina e inulina.

Salienta-se que, de acordo com a ANVISA (2019), a quantidade mínima diária da cultura probiótica ingerida para que seja considerado um efeito terapêutico deve ser de 10^8 a 10^9 UFC por g ou mL, o que corresponde ao consumo de 100 g de um produto que contenha 10^6 a 10^7 UFC/g ou mL, evidenciando que todos os ensaios de secagem obtidos nesse trabalho se encontram de acordo com a legislação vigente.

É importante destacar que os resultados obtidos para todos os ensaios de secagem comprovam que a utilização da polpa de umbu-cajá, como matriz para inoculação da cultura probiótica, foi capaz de apresentar uma viabilidade satisfatória assim como preconiza a legislação, utilizando os nutrientes naturalmente presentes, sem necessidade de adição de sacarose ou qualquer outro nutriente a mesma. Salientando a importância do ponto de vista econômico e de inovação tecnológica do produto por tratar-se de uma matriz de origem vegetal como meio para obtenção de um alimento probiótico.

3.1.2 Coeficientes de regressão

Na Tabela 4 é apresentada o efeito de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial, os valores de F e o coeficiente de determinação R^2 .

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

Coeficientes		Rendimento (%)	Número de Células Viáveis (UFC g ⁻¹)
β_0	-	24,27268	1,9463E+12
β_1	T_{en}	NS	1,6250E+11
β_2	C_{MALTO}	4,17984	-5,2250E+11
β_3	C_{INU}	-2,79939	-1,9000E+11
β_4	$T_{en} \cdot C_{MALTO}$	NS	NS
β_5	$T_{en} \cdot C_{INU}$	-2,94629	1,5000E+11
β_6	$C_{MALTO} \cdot C_{INU}$	NS	2,4000E+11
β_7	$T_{en} \cdot C_{MALTO} \cdot C_{INU}$	-2,32271	-1,6000E+11
R^2		0,84154	0,98324
F		121,4429	131,8003

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

Na Tabela 4 é possível observar, de acordo o coeficiente β_0 , a média para cada variável dependente com valor de 24,27268%, para o rendimento do processo. Ferreira (2017), ao realizar o processo de secagem na polpa de cajá em leito de jorro (utilizando planejamento fatorial com variáveis independentes de temperatura, concentração de maltodextrina e vazão do ar), apresentou como resultado pós com rendimento situando-se na faixa de 10,41% a 24,17%, sendo o rendimento mais eficiente análogo ao encontrado nesse estudo. Destaca-se que o rendimento de pós de frutas, obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro, é afetado por fatores relacionados ao processo, como por exemplo, as características intrínsecas da polpa de fruta utilizada, das partículas inertes que formam o leito, inclusive das condições climáticas no dia da secagem.

Segundo o coeficiente β_0 , o valor médio para o número de células viáveis foi de aproximadamente $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$, concentração considerada suficiente para se enquadrar como um alimento probiótico, de acordo com as recomendações diárias da legislação brasileira,

ressaltando que a polpa de umbu-cajá se trata de um meio favorável ao desenvolvimento e conservação da bifidobactéria estudada.

Quando o resultado apresentado é positivo indica que, ao passar de um determinado valor mínimo a um valor máximo da variável independente estabelecida, tem-se um aumento na resposta, ou seja, a variável em estudo apresenta uma elevação no seu valor correspondente. Quando o valor do efeito estimado é negativo, tem-se uma diminuição na resposta à medida que há um aumento no valor da variável independente, dentro dos limites estabelecidos pelo planejamento fatorial.

A temperatura (T_{en}) não apresentou valores significativos para a variável do rendimento, todavia apresentou um efeito positivo para o número de células viáveis. Gallina e Barbosa (2017) afirmam que a viabilidade dos probióticos na matriz alimentar está relacionada a diferentes fatores, onde dentre eles pode-se destacar a temperatura.

Para concentração de maltodextrina (C_{MALTO}), observou-se uma influência positiva para o rendimento e negativa em relação ao número de células viáveis, afirmando que o aumento da concentração de maltodextrina resulta em uma redução no valor médio obtido para essa variável, o que preconiza como satisfatório uma vez que isso implica num baixo custo com o uso de suprimentos necessários no processo para garantia de valores mais elevados na contagem 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 desse adjuvante pode reduzir o rendimento do processo bem como número de bactérias viáveis. Esse comportamento, quando relacionado ao número de células da cultura probiótica no processo de secagem, é justificado, de acordo com Paim et al. (2016), que relata que alguns autores observaram que a inulina tem um efeito positivo na proteção das bifidobactérias e atribuíram a esse efeito uma possível termoproteção as células no processo de secagem fornecida pela sua composição, dessa maneira agindo como um encapsulante. Esse comportamento também justifica a influência positiva da interação dupla da temperatura (T_{en}) e da concentração de inulina (C_{INU}) sobre o número de células viáveis.

A partir da interação dupla das variáveis (β_6), é possível observar que a interação entre a concentração de maltodextrina e inulina influenciou no processo de secagem positivamente no número de células viáveis, ao aumentar a concentração de ambas, justificando a necessidade do equilíbrio entre o adjuvante de secagem (maltodextrina) e o encapsulante (insulina). Essa interação não apresentou significância no rendimento do processo.

De acordo com Rodrigues e Iemma (2014), o coeficiente de determinação, R^2 trata-se de uma quantificação que relaciona à qualidade do ajustamento, por fornecer uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, apresentando valores compreendidos entre 0 a 100%.

Para o rendimento pode-se observar um coeficiente de determinação de 0,84154 (84,15%) e de 0,98324 (98,32%) para o número de células viáveis, valores bem próximos de 1 que indicam que o modelo em questão e descreve adequadamente a influência exercida pelas variáveis independentes (temperatura, concentração de maltodextrina e de inulina) sobre as variáveis dependentes (rendimento e número de células viáveis). Esse parâmetro fornece uma informação auxiliar ao resultado da análise de variância da regressão, onde é possível verificar se o modelo proposto é ou não adequado para descrever o fenômeno em estudo, ou seja, se os modelos ajustados foram estatisticamente significativos.

O teste F é de fundamental importância para entender o comportamento da variável dependente, sendo utilizado para comprovar quais os fatores e interações são realmente significativos para o processo: esse teste relaciona o F calculado através da ANOVA e o F tabelado através dos graus de liberdade, observados para cada variável dependente. Ao correlacionar o F calculado para a variável rendimento 121,4429 com o F tabelado para seus respectivos graus de liberdade (4,6) 4,53, observa-se que o F calculado é maior que o F tabelado, afirmando que a variável rendimento é estatisticamente significativa para o processo. Para o número de células viáveis, os respectivos graus de liberdade (6,4) fornecem um F tabelado de 6,16 e um valor de F calculado de 131,8003, concluindo que essa variável também é estatisticamente significativa ao processo, uma vez que o F calculado é maior que o F tabelado.

3.1.3 Superfícies de resposta

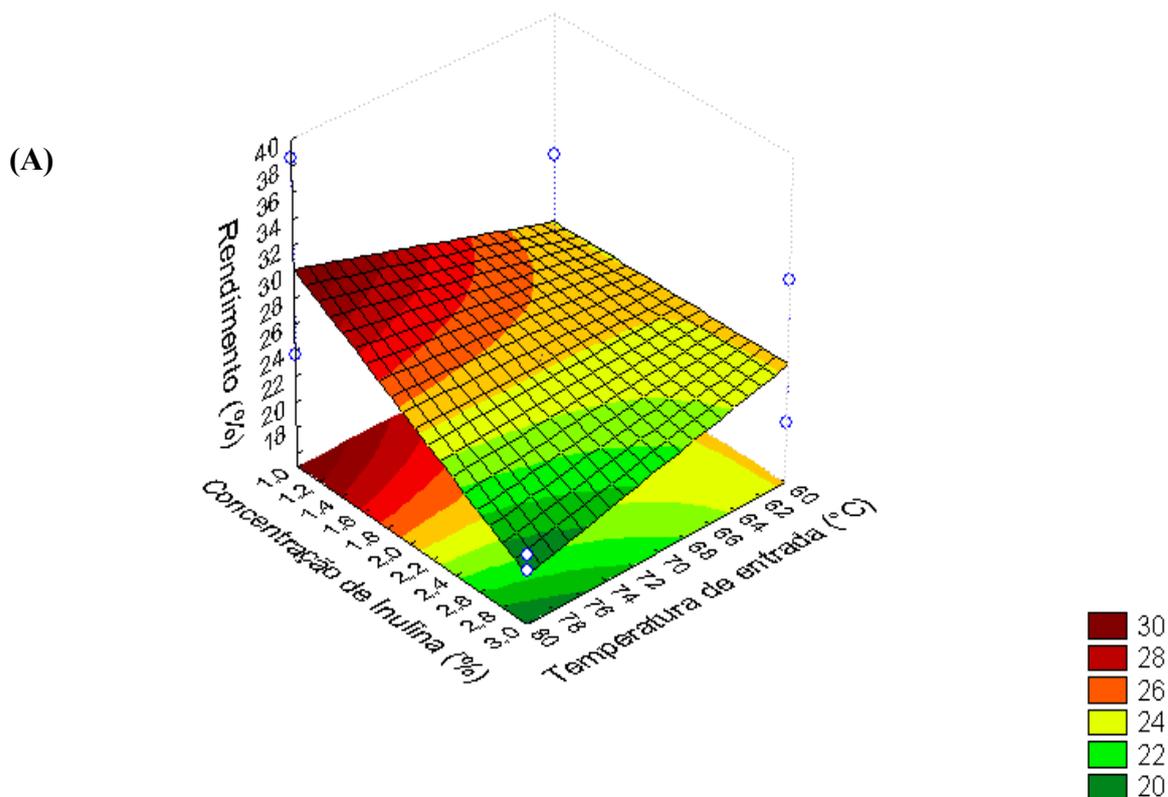
De acordo com Rodrigues e Iemma (2014), para um planejamento do tipo delineamento experimental (DOE), as superfícies de resposta devem ser geradas quando se detecta que as variáveis são estatisticamente significativas, de acordo com a análise de variância (ANOVA). Sendo as superfícies de resposta um método capaz de realizar uma predição das condições ideais a serem empregadas durante o processo.

As Figuras 1A, 1B e 1C ilustram as superfícies de respostas obtidas para a variável dependente rendimento, relacionando as interações entre as três variáveis independentes do processo.

Analisando a Figura 1 A, definida pelo efeito da interação da concentração de inulina e da temperatura de entrada para a variável rendimento, é possível observar que quando ocorre uma diminuição na concentração de inulina associada ao aumento da temperatura de entrada, obtém-se um maior rendimento no processo.

Esse comportamento pode ser identificado no ensaio 4 da matriz do delineamento, conforme Tabela 4, e resultou num rendimento de aproximadamente 39%. Mediante esse mesmo ensaio, pode-se observar o efeito relatado na Figura 1 B, onde o aumento na concentração do adjuvante maltodextrina associado às temperaturas mais elevadas também proporcionaram um maior rendimento.

Corroborando aos comportamentos previamente descritos, conforme as Figuras 1 A e B, ao avaliar a interação das concentrações da maltodextrina e inulina com a variável dependente do rendimento, alega-se o efeito descrito de associação de uma menor concentração de inulina e maior concentração de maltodextrina que favorecem um melhor rendimento para o processo de secagem em estudo.



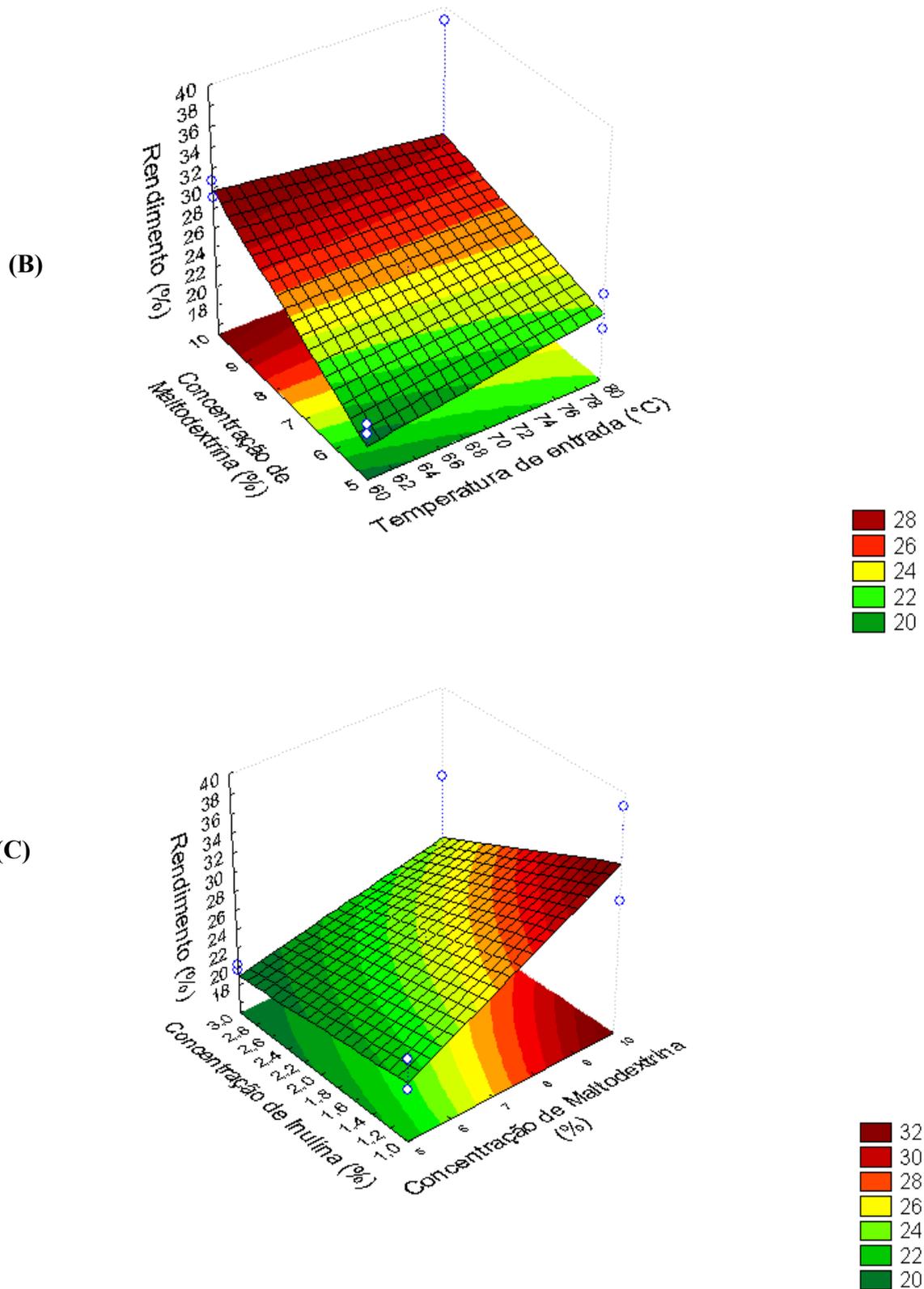


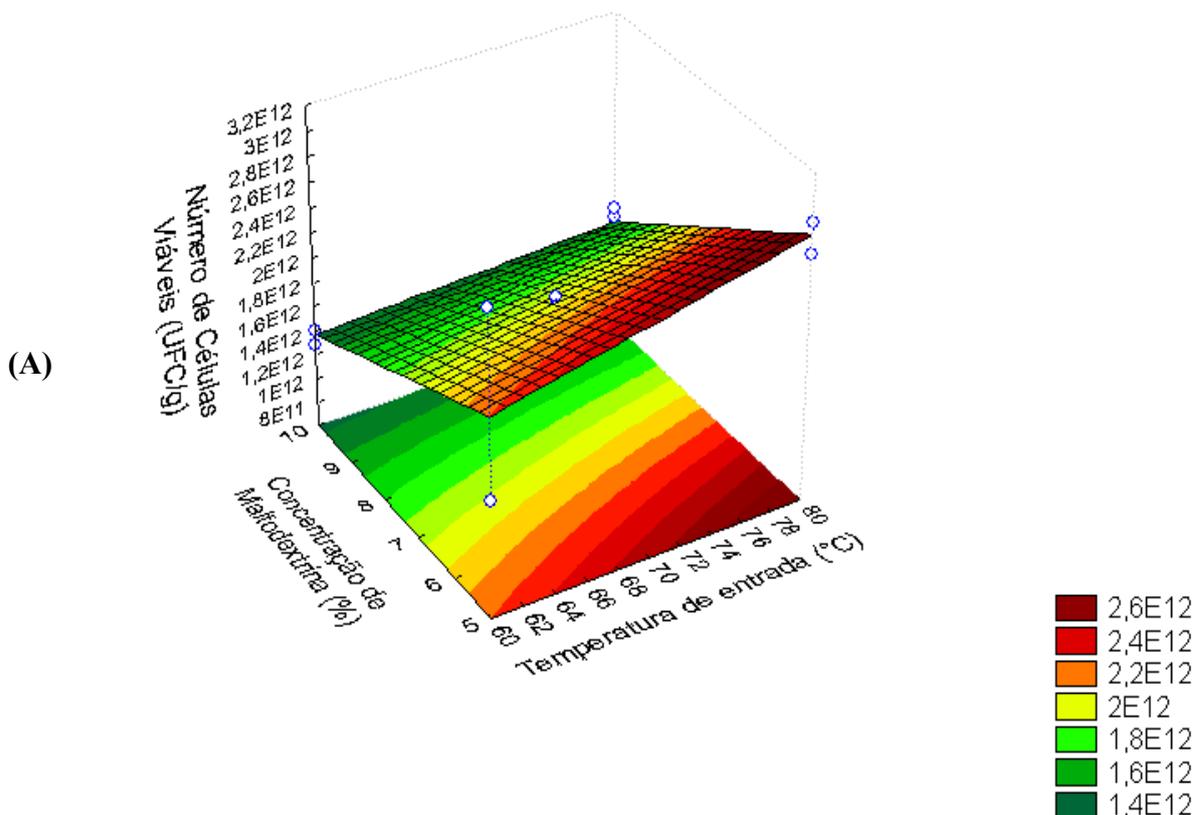
Figura 1- Superfícies de resposta do variável rendimento para: interação de inulina (%) e da temperatura (A); interação da concentração de maltodextrina (%) e da temperatura (B) e interação das concentrações de maltodextrina (%) e inulina (%) (C)

As Figuras 2 A, 2 B e 2 C ilustram as superfícies de respostas obtidas pela interação da variável dependente número de células viáveis, com as três variáveis independentes do processo.

Analisando a Figura 2 A é possível constatar que uma menor concentração de maltodextrina, quando associada a temperaturas superiores, auxiliam para uma maior quantidade do número de células viáveis no processo. Comportamento análogo pode ser observado na Figura 2 B, ao descrever o efeito da interação entre a concentração de inulina e uma maior temperatura de entrada.

Essa conduta justifica-se uma vez que tanto a maltodextrina quanto a inulina são carboidratos que podem apresentar-se como substrato para bactéria probiótica, fazendo-se necessário um controle de suas concentrações no meio, visto que a elevada disponibilidade de nutrientes é um dos fatores que mais afetam na sobrevivência da cultura no produto alimentício.

Recentemente, Chaikham, Kemsawasd e Seesuriyachan (2017) verificaram que o uso de inulina e da goma, proveniente da espécie vegetal *Tiliacora triandra* para produção de suco probiótico de maoluang em pó, conferiu maior proteção às bactérias probióticas *Lactobacillus casei* 01 e *Lactobacillus acidophilus* La-5 contra as condições adversas do modelo gastrointestinal simulado.



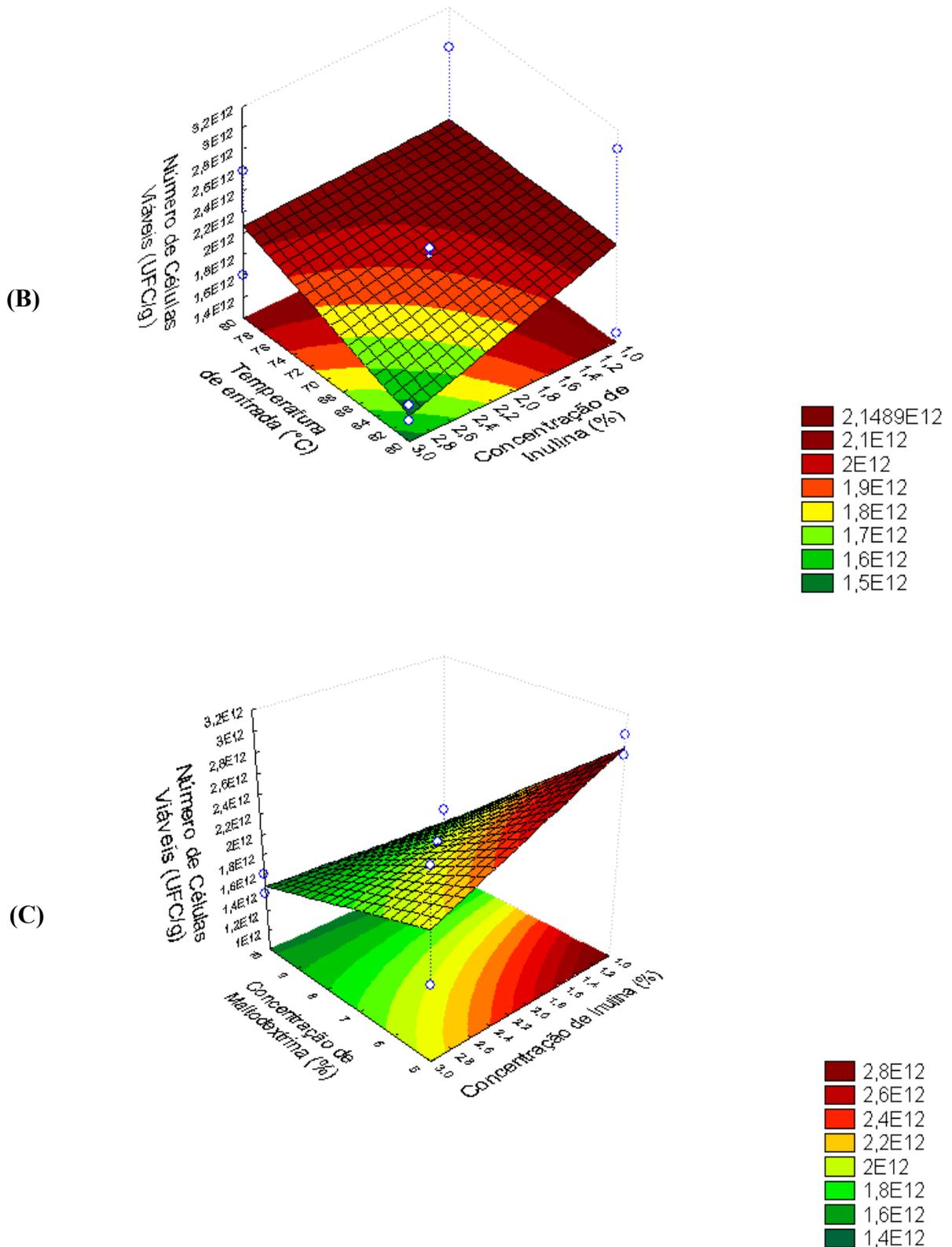


Figura 2- Superfícies de resposta da variável número de células viáveis para interação de maltodextrina (%) e da temperatura (A); interação da concentração de inulina (%) e da temperatura (B) e interação das concentrações de maltodextrina (%) e inulina (%) (C).

A Figura 2 C respalda a explicação pertinente às Figuras 1 A e B, cujo embasamento descreve que o efeito observado pela interação de menores concentrações de maltodextrina e inulina fornece um maior número de células viáveis. Logo, analisando o comportamento observado nas superfícies de resposta, pode-se destacar, conforme Tabela 4, o ensaio 2 que apresentou um número de células viáveis de $2,83E+12$ UFC g⁻¹, ressaltando ainda que por não serem necessárias grandes quantidades desses suprimentos pode-se obter uma redução nos gastos envolvidos no processo, não deixando de fornecer um produto final com a quantidade de bactérias probióticas necessárias para elaboração de um alimento funcional.

3.2 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica líquida e em pó

Na Tabela 5 constam os parâmetros físico-químicos e químicos analisados na polpa de umbu-cajá em base úmida, após ser inoculada a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. O valor de pH, encontrado resultante dessa adição, apresentou um decréscimo para 4,73. De acordo com Saarela et al. (2011), as bifidobactérias são sensíveis a pH quando inferior a 4,60, não apresentando o pH final da polpa probiótica influência negativa em sua estabilidade.

Contudo a acidez se trata de um parâmetro inverso ao pH e foi possível constatar um aumento da mesma. Segundo Barbosa e Gallina (2017), esse comportamento de aumento na acidez se justifica devido a presença da bactéria probiótica por um determinado período no meio, cuja ação resulta na redução do pH à medida que novos produtos são formados.

Tabela 5- Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá probiótica em base úmida.

Parâmetros	Polpa Probiótica
pH	4,73 ± 0,058
Acidez total titulável (g ácido cítrico/100 g)	1,64 ± 0,036
Teor de água (%)	87,5 ± 0,100
Sólidos totais (%)	12,5 ± 0,100
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,4 ± 0,100
Carotenoides (µg/100 g)	23,40 ± 0,0004
Fenólicos totais (mg/g)	31,17 ± 1,199
Ácido ascórbico (mg/g)	15,55 ± 0,456
Açúcares redutores (µg/mg)	2,947± 0,003

Médias (n=3) seguidas de desvio padrão.

O teor de água é um fator intrínseco relevante para sobrevivência da cultura probiótica, todavia quando seu valor é elevado oferece uma alta precibilidade comumente presente nas frutas de modo geral. De acordo com Barros et al. (2019), os frutos com alto teor de água tornam-se mais susceptíveis ao desenvolvimento de microrganismos e a reações bioquímicas responsáveis pela degradação pós-colheita. Logo, com o intuito de tornar seus produtos, como as polpas, com maior valor comercial, ressalta-se a necessidade da aplicação de processos que possam aumentar sua disponibilidade por meio de técnicas de secagem que ajam na redução da água presente, visando a elaboração de uma polpa em pó que apresentará uma maior vida útil.

Os sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, apresentam um valor relativamente alto, justificando uma elevada concentração de açúcares (substrato) comumente presentes nas polpas de frutas. Esse parâmetro torna-se um aspecto atrativo para os probióticos, uma vez que servem de nutrientes e acabam contribuindo para o desenvolvimento destes microrganismos benéficos.

Os resultados obtidos para as análises de compostos fenólicos totais, ácido ascórbico e açúcares redutores na polpa de umbu-cajá probiótica líquida apresentam valores significativos que corroboram com Souza et al. (2018), que destacam em seu estudo as espécies de *Spondias* como fonte de compostos bioativos. De acordo com Rodrigues et al. (2012), são vários os fatores que influenciam nas características físico-químicas das frutas, podendo destacar a constituição genética, condições edafoclimática, cultivo e tratamento pós-colheita.

Na Tabela 6 constam os valores obtidos para os mesmos parâmetros físico-químicos e químicos descritos na Tabela 5, todavia efetuados na polpa de umbu-cajá probiótica em pó com diferentes formulações. A análise dos resultados obtidos nessas determinações permite a observação das possíveis alterações causadas no produto, após o processo de secagem, permitindo observar a influência das variáveis independentes para cada ensaio.

Pode-se observar, de acordo com a Tabela 6, que mesmo com diferentes valores de pH nas temperaturas e concentração de adjuvantes testadas, a contagem de células viáveis (Tabela 3), por maioria, se manteve alta. Comparando-se o pH da polpa antes da secagem, verifica-se que após a transformação em pó também foi constatada uma redução no valor, após a inoculação com valores anteriores próximos a 7,0. Esse comportamento de diminuição do pH ao longo do desenvolvimento da bactéria probiótica foi semelhante a outros estudos, como o desenvolvido por Kumar e Kumar (2016) na elaboração de iogurtes probióticos suplementados com frutas, usando cultura de *Lactobacillus rhamnosus* microencapsulada.

De acordo com o teste de Tukey pode-se destacar, em relação aos demais experimentos que, em termos estatísticos, não houve diferença ao nível de significância entre as amostras dos

ensaios 2 e 4, que apresentaram os valores mais próximos ao da polpa líquida e utilizaram temperatura de 80 °C e níveis mínimos da concentração de inulina.

Ressaltam-se os mesmos ensaios, para a análise de acidez com resultados mais próximos aos da polpa antes da secagem, apresentando um comportamento semelhante em termos estatísticos e com variação de forma inversamente proporcional ao pH. Ferreira (2017) descreve em seu estudo que a realização das análises de pH e acidez nos alimentos em pó, provenientes de frutas após o processo de secagem, servem para verificar se o produto manteve seu sabor original e também se apresenta valores adequados à sua estabilidade.

Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem

EXP.	T _{en} (°C)	C _{MALTO} (%)	C _{INU} (%)	pH	AT (%C ₆ H ₈ O ₇)	TA (%)	TS (%)	SST (°Brix)	FT (mg/g)	AA (mg/g)	AR (µg/g)	CT (mg/100g)
1	60°C	5,0%	1,0%	5,55 ± 0,070a	1,359 ± 0,04b	13,493 ± 0,131a	86,506 ± 0,131e	94,50 ± 0,070d	446,520 ± 4,519b	2,853 ± 0,018g	0,140 ± 0,001a	1,981 ± 0,057b
2	80°C	5,0%	1,0%	4,75 ± 0,070ef	1,960 ± 0,08a	11,44 ± 0,623abc	88,559 ± 0,623cde	107,50 ± 0,070b	378,211 ± 4,360g	2,530 ± 0,004h	0,106 ± 0,001b	1,787 ± 0,024c
3	60°C	10,0%	1,0%	4,95 ± 0,070de	1,106 ± 0,04cd	10,093 ± 0,316cd	89,906 ± 0,316bc	106,50 ± 0,070bc	306,361 ± 1,006l	3,639 ± 0,013d	0,113 ± 0,001b	1,421 ± 0,011g
4	80°C	10,0%	1,0%	4,55 ± 0,070f	1,928 ± 0,04a	6,853 ± 1,291e	93,146 ± 1,291a	101,00 ± 0,070bcd	366,30 ± 2,951h	3,874 ± 0,014c	0,079 ± 0,001c	1,381 ± 0,013h
5	60°C	5,0%	3,0%	4,95 ± 0,070de	0,980 ± 0,04d	13,199 ± 1,158ab	86,80 ± 1,158de	98,50 ± 0,070cd	434,271 ± 1,199c	3,414 ± 0,014e	0,063 ± 0,001d	1,613 ± 0,009d
6	80°C	5,0%	3,0%	5,35 ± 0,070abc	1,169 ± 0,04bcd	9,89 ± 0,127cd	90,109 ± 0,127bc	105,50 ± 0,070bc	306,650 ± 1,475j	3,254 ± 0,014f	0,145 ± 0,001a	1,292 ± 0,025i
7	60°C	10,0%	3,0%	5,15 ± 0,070cd	1,296 ± 0,04bc	10,775 ± 1,237abcd	89,224 ± 1,237bcde	106,50 ± 0,070bc	492,351 ± 1,257a	4,618 ± 0,025a	0,037 ± 0,001e	1,549 ±0,005e
8	80°C	10,0%	3,0%	5,15 ± 0,070cd	1,327 ± 0,08bc	8,387 ± 0,264de	91,612 ± 0,264ab	102,50 ± 0,070bcd	425,295 ± 3,689d	4,215 ± 0,023b	0,136 ± 0,001a	2,154 ± 0,003a
9	70°C	7,5%	2,0%	5,25 ± 0,070bc	1,169 ± 0,04bcd	10,637 ± 0,312bcd	89,362 ± 0,312bcd	104,50 ± 0,070bc	330,780 ± 3,186i	3,255 ± 0,011f	0,058 ± 0,001 d	1,152 ± 0,018j
10	70°C	7,5%	2,0%	5,25 ± 0,070bc	1,138 ± 0,08bcd	10,689 ± 0,015bcd	89,310 ± 0,015bcd	103,50 ± 0,070bcd	410,305 ± 2,180e	3,254 ± 0,022f	0,064 ± 0,001d	1,308 ± 0,015i
11	70°C	7,5%	2,0%	5,45 ± 0,070 ab	1,136 ± 0,04bcd	10,777 ± 0,392bcd	89,222 ± 0,392bcd	103,00 ± 0,070bcd	402,760 ± 1,936f	3,266 ± 0,013f	0,061 ± 0,001d	1,518 ± 0,001f

AT: Acidez titulavel; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; AR: Açúcares 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.

Essa ressalva acerca do número de células viáveis permanecerem dentro das concentrações almejadas: mesmo com variações nos valores de pH e acidez é de fundamental importância, visto que se trata de parâmetros que estão intrinsicamente ligados ao desenvolvimento da cultura. Segundo Gallina e Barbosa (2017) existem estudos que relataram que a viabilidade de probióticos em alimentos pode ser afetada por diferentes fatores, como a presença de alguns ácidos orgânicos e baixos valores de pH, o que sugere assim a robustez desse microrganismo com relação a essa variável dependente.

De acordo com Fontes et al. (2018), a aplicação das técnicas de secagem age na redução da água presente nas mesmas, o que resulta na diminuição do teor de água e, conseqüentemente, no aumento do teor total de sólidos. Esse comportamento é facilmente observado no presente estudo, onde os ensaios com maior temperatura de entrada (80 °C) originaram amostras em pó com menor teor de água, podendo destacar o ensaio 4 com valor de 6,853% e, por conseguinte, maior teor de sólidos 93,15%, tendo que o ensaio 8 também apresentou resultados semelhantes visto que não diferiu estatisticamente. Conforme esperado, os ensaios submetidos a menor temperatura de entrada (60°C) apresentaram teores de água mais elevados.

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.

O teor de sólidos solúveis teve um aumento em função da eliminação de grande parte da água (durante o processo de secagem) que resultou numa maior concentração dos sólidos presentes na amostra, além do fato de que os adjuvantes maltodextrina e inulina adicionados à polpa, no preparo das formulações, também contribuíram para uma maior quantidade desses sólidos no produto final.

Os resultados encontrados são satisfatórios no que diz respeito a uma polpa em pó probiótica uma vez que os mesmos são maiores que os apresentados por Ferreira (2017) ao caracterizar a polpa de cajá em pó obtida também por secagem em leito de jorro com valor de 86,66 °Brix, o que destaca a utilização de polpas como veículos de culturas probióticas uma vez que os açúcares solúveis (da composição dos frutos) são responsáveis pelas características de doçura e sabor através do equilíbrio com os ácidos presentes. Em termos estatísticos, em maioria, os ensaios de secagem não diferiram entre si para essa análise.

Em todos os ensaios resultantes do processo de secagem obteve-se um aumento na concentração dos teores dos componentes químicos (compostos fenólicos, ácido ascórbico,

açúcares redutores e carotenoides) quando comparados com a polpa probiótica líquida, o que se justifica devido exposição à temperatura que ocasiona a perda do conteúdo de água e provoca um aumento na concentração desses constituintes.

Para análise de compostos fenólicos pode-se destacar o ensaio 7 (492,351 mg. g⁻¹), uma vez que valores maiores de compostos fenólicos são de fundamental importância na obtenção de um alimento funcional probiótico por serem classificados, de acordo com Refosco et al. (2019), como substâncias que agregam aos alimentos elevada capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória no organismo. Todos os ensaios apresentaram diferença estatística entre si quando relacionado a esse parâmetro.

O ácido ascórbico, por não ser sintetizado pelo organismo humano, torna-se indispensável para sua dieta, sendo necessário produtos que o incorporem em sua composição. Os teores para o parâmetro de ácido ascórbico (vitamina C) variaram de 2,530 a 4,618 (mg. g⁻¹) nos ensaios 7 e 2, respectivamente, sendo esse menor valor atribuído a temperatura de entrada de 80 °C e menores concentrações de maltodextrina e inulina. Tendo que a inulina serve como encapsulante, sua menor concentração atribuída ao nível máximo da variável temperatura pode justificar o resultado encontrando. Salientando que teores inferiores de ácido ascórbico nos componentes alimentares ocorrem devido a sensibilidade do mesmo às condições de processamento, com sua degradação diretamente relacionada com fatores como: temperatura, oxigênio, pH, luz e conteúdo de umidade e atividade de água de acordo com Cunha et al. (2014).

Chitarra e Chitarra (2005) definem que o conteúdo de açúcares redutores se constitui, principalmente, de glicose e frutose, e destaca que a quantificação do teor de açúcares individuais é importante quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, uma vez que o efeito adoçante é variado e aumenta na sequência glicose, sacarose e frutose.

Os maiores teores de açúcares redutores que não diferiram estatisticamente entre si foram os dos ensaios 6, 1 e 8 que, em termos percentuais de conteúdo de glicose por 100 g de amostra, correspondem respectivamente aos valores de 0,0145, 0,0140 e 0,0136%, resultados bem semelhantes ao encontrado por Ferreira (2017), que ao realizar a secagem de polpa de cajá em leite de jorro, de acordo com o planejamento fatorial, obteve valores de (0,02%) para polpa *in natura* e de 0,08% para polpa de cajá em pó, descrevendo um aumento nesse parâmetro conforme o presente estudo. Vale salientar que, em comparação a outros estudos, são teores relativamente baixos que podem ser justificados devido a ação da bactéria, uma vez que se tratam de nutrientes que são consumidos pela mesma durante seu metabolismo, bem como as diferenças que podem acontecer devido aos fatores relacionados aos aspectos dos frutos como

estádio de maturação, condições climáticas, degradação de compostos responsáveis pela doçura, dentre outros.

Os carotenoides são um grupo de corantes naturais que designam a coloração amarela, característica dos frutos de umbu-cajá e devido sua atividade biológica são capazes de promover benefícios à saúde, com atividade antioxidante e provitamina A, de acordo com Mesquita, Teixeira e Servulo (2017). Todas as amostras analisadas apresentaram diferença significativas entre si, pelo fato de sempre ocorrer diferenças aparentes na cor do fruto, em função da presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como as clorofilas, por exemplo, que atuam como pigmentos na fotossíntese. O teor de carotenoides também apresentou um aumento após a secagem, onde no produto em pó obteve-se um valor máximo de $2,154 \text{ mg (100g)}^{-1}$ no ensaio 8.

A realização das determinações dos componentes físico-químicos e químicos das polpas de umbu-cajá formuladas resultaram em ensaios de secagem que devido a influência das variáveis dependentes utilizadas no processo (temperatura de entrada, concentração de maltodextrina e inulina) e comprovaram o uso de polpas de frutas como veículos de bactérias probióticas por apresentarem características que contribuem para o desenvolvimento e manutenção dessas culturas.

4. Conclusão

O planejamento fatorial realizado no processo de secagem em leite de jorro foi estatisticamente significativo para ambas as variáveis dependentes do processo (rendimento e número de células viáveis), obtendo para os 11 ensaios a concentração de bactérias probióticas dentro do estabelecido pela legislação para ser atribuída ação terapêutica com contagens acima de $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$. Avaliando em termos de rendimento foi possível destacar o ensaio 4, chegando a obter resultados próximos de 39%.

Foi obtida uma polpa de umbu-cajá em pó com características físico-químicas e químicas que apresentaram baixo teor de umidade, alto conteúdo de sólidos solúveis totais e quantidades consideráveis de componentes bioativos como compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides.

A polpa de umbu-cajá probiótica com secagem em leite de jorro permitiu o desenvolvimento de um novo alimento funcional, a partir da incorporação da cultura *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, em uma matriz vegetal que manteve o desenvolvimento e viabilidade da bactéria.

5. Referências bibliográficas

AOAC - Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed., AOAC international, Rockville, Maryland, USA, 2016.

ANDRADE, A. S. A.; NETO, N. J. O.; DIAS, E. C.; GERVÁSIO, D. K. L.; LIMA, M. K. L.; DE MELO SANTOS, S. F.; ALMEIDA, A. F. Estudo da produção de enzimas pectinolíticas e celulolíticas por fermentação em estado sólido a partir do bagaço de cajá. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 7, n. 2, p. 457-472–472, 2018.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde. Brasília: Ministério da Saúde. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf>. Acessado em: 03-10-2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007.

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, 2017.

BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. D.; SILVA, V. M. A.; ALMEIDA, R. L. J.; NASCIMENTO, A. P. S. Comportamento reológico e perfil de textura de iogurte integral com polpa de achachairu (*Garcinia humilis*). **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 47, p. 145-152, 2019.

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

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**.ESAL/FAEPE, v. 2, 2005.

CUNHA, K. D.; SILVA, P. R. D.; COSTA, A. L. F.; DA FONSECA, S.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 139- 145, 2014.

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

FERREIRA, A. P. R. **Polpa de cajá em pó obtida pelo processo de secagem em leito de jorro: caracterização física, físico-química e estudo da estabilidade**. 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

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.

FONTES, A. S.; LEITE-NETA, M. T.; MATOS, P.; ARAÚJO, H. C.; JESUS, M.; RAJKUMAR, G.; NARAIN, N. **Aroma retention during drying of caja-umbu fruit pulp**. Proceedings of 21th International Drying Symposium. **Anais**. In: 21ST INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM. Universitat Politècnica València, 11 set. 2018. Disponível em: <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IDS/IDS2018/paper/view/7811>>. Acesso em: 8 jan. 2020.

FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B. D. G. de M.; 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.

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.

JAIMEZ-ORDAZ, J.; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, X.; CRUZ-GUERRERO, A. E.; CONTRERAS-LÓPEZ, E.; AYALA-NIÑO, A.; CASTRO-ROSAS, J.; GONZÁLEZ-

- OLIVARES, L. G. Survival and proteolytic capacity of probiotics in a fermented milk enriched with agave juice and stored in refrigeration. **Food Science Technology**. v. 1, p.188–94, 2019.
- JOSHI, D.; ROY, S.; BANERJEE, S. Prebiotics. **Natural Products and Drug Discovery**, p. 507–523, 2018.
- KELLER, T. H.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, 1977.
- KINGWATEE, N.; APICHARTSRANGKOON, A.; CHAIKHAM, P.; WORAMETRACHANON, S.; TECHARUNG, J.; PANKASEMSUK, T. Spray drying *Lactobacillus casei* 01 in lychee juice varied carrier materials. **LWT - Food Science and Technology**, 62, 847-853, 2015.
- KUMAR, A.; KUMAR, D. Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* culture. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 667–675, 2016.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. Academic Press, v. 148p. 350–382, 1987.
- 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.
- NUNES, M. L.; GARRIDO, M. P. A obesidade e a ação dos prebióticos, probióticos e simbióticos na microbiota intestinal. **Nutrição Brasil**, v. 17, n. 3, p. 189-196, 2019.

- 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.
- PAOLINI, I. R.; SANTOS J. D.; GOULA, R.T. G. A. S. Estudo do processo de secagem de arroz parboilizado em leito de jorro. **Revista Desafios**, v. 6, n. 3, 2019.
- REFOSCO, E. K.; CHOCHUK, M. M.; GASPARETTO, N. R.; MAZUR, C. E. COMPOSTOS FENÓLICOS NA ALIMENTAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO DE LITERATURA. **Ciência Atual – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José**, v. 13, n. 1, 5 fev. 2019.
- 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.
- RODRIGUES C. N. B.; SOUZA P. A.; COELHO E. L.; SOUZA F. X.; FREITAS R.V.S. Qualidade de frutos de cajazeira em diferentes estádios de maturação provenientes de clones cultivados no Ceará. **Revista Caatinga**, v. 25, p.38-43, 2012.
- SAARELA, M.; ALAKOMI, H. L.; MÄTTÖ, J.; AHONEN, A. M; PUHAKKA, A.; TYNKKYNEN, S. Improving the storage stability of *Bifidobacterium breve* in low pH fruit juice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 149, n. 1, p. 106-110, 2011.
- SANTOS, A. L.; SOARES C. DA S.; VELLANO, P. O. A.; MORAIS, R. A.; MOMENTÉ V. G.; MARTINS, G. A. DE S.; DE SOUZA, A. R. M. Propriedades físico-químicas em polpas de frutos do cerrado *in natura* e liofilizada. **Revista Desafios**, p.53-58, 2020.
- SILVA, B. M.; ROSSI, A. A. B.; TIAGO, A. V.; SCHMITT, K. F. M.; DARDENGO, J. F. E.; SOUZA, S. A. M. Genetic diversity of Cajazeira (*Spondias mombin* L.) in three geographic regions. **Genetics and Molecular Research: GMR**, v.16, 2017.
- 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.

SOUZA, H. R. S.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; OLIVEIRA, A. M. Compostos bioativos e estabilidade de geleia mista de umbu (*Spondias tuberosa* arr. c.) e mangaba (*Hancornia speciosa* g.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 12, n. 2, p. 236-248. 2018.

SOUZA, S. F. de; SILVA, J. L. M. da; GUEDES, J. P. M.; LIMA, J. R. F. de. Competitividade e parcela de mercado das exportações brasileiras de manga: uma análise do modelo Constant Market Share. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 47, p. 39-48, 2017.

ARTIGO 3

LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE UMBU-CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA

Resumo

A utilização do processo de secagem por meio da liofilização permite a oferta de produtos com qualidade devido à manutenção de grande parte das suas propriedades químicas e organolépticas. Mediante a incorporação de culturas probióticas junto às frutas tropicais exóticas, como o umbu-cajá, possibilita-se a produção de um novo alimento funcional em pó, associando uma alternativa de melhora ao potencial econômico dessa polpa tão requerida no Nordeste do Brasil. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar a secagem em liofilizador da polpa de umbu-cajá como carregadora da bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. Foi utilizado um delineamento fatorial com 7 experimentos para o processo de secagem variando as concentrações dos adjuvantes de secagem maltodextrina e inulina como variáveis de entrada, em função do rendimento e do número de células viáveis como variáveis dependentes. Os 7 ensaios submetidos a secagem foram avaliados quanto aos parâmetros químicos, físico-químicos e físicos. O produto obtido resultou em um pó de boa solubilidade, compacto, contendo teores significativos de compostos biativos e com ação probiótica.

Palavras chave: alimento funcional, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, pós de frutas.

Abstract

The use of the drying process through lyophilization allows the offer of quality products due to the maintenance of a large part of their chemical and organoleptic properties. Through the incorporation of probiotic cultures together with exotic tropical fruits, such as umbu-cajá, it is possible to produce a new functional powdered food, associating an alternative to improve the economic potential of this pulp so required in the Northeast of Brazil. Therefore, the present work aimed to carry out the drying in a lyophilizer of the pulp of umbu-cajá as a carrier for the probiotic bacteria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. A factorial design with 7 experiments was used for the drying process, varying the concentrations of the drying adjuvants maltodextrin and inulin as input variables, as a function of yield and number of viable cells as dependent variables. The 7 tests submitted to drying were evaluated for chemical, physicochemical and physical parameters. The product obtained resulted in a powder of good solubility, compact, containing significant levels of biactive compounds and with probiotic action.

Keywords: functional food, *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, fruit powders.

1. Introdução

Frutas caracterizadas como exóticas têm grande destaque na região nordeste do Brasil devido às suas características sensoriais, como sabor e aroma agradáveis. Dentre essas pode-se ressaltar o umbu-cajá (*Spondias* spp.), uma fruta muito apreciada com grande aceitação no mercado e boas características agroindustriais. Todavia, possui disponibilidade sazonal apresentando uma vida útil curta e limitando assim seu potencial de comercialização.

Métodos de conservação tornam-se convenientes, pois visam a aplicação de tecnologias que melhor preservem o produto durante a comercialização, evitando que grandes perdas ocorram: um exemplo é a secagem, utilizada para manter a qualidade da fruta. De acordo com Santos et al. (2020), dentre os métodos que podem ser selecionados, destaca-se a liofilização utilizada para conservar frutas, bem como suas características nutritivas e compostos bioativos, pois durante o processo não ocorre degradação dos compostos termossensíveis, preservando assim o aroma e sabor característico das frutas, por meio de baixas temperaturas.

Logo, a utilização de polpas de frutas desidratadas que mantenham as características sensoriais e presença de bioativos vem crescendo nos últimos anos (SILVA, 2018). O alto potencial antioxidante do umbu-cajá está associado à concentração desses compostos (ZERAIK et al., 2016). Oladunjoye et al. (2021) assegura que essas quantificações apresentam valores significativos por se tratar de uma espécie de *Spondias* que contém vitaminas e compostos bioativos.

Sendo assim, o desenvolvimento de produtos com caráter funcional pode ser atribuído aos pós obtidos de polpas de frutas como matrizes para o desenvolvimento de microrganismos probióticos (HUSSAIN et al., 2016) que, segundo Hill et al. (2014), são definidos como "microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios para a saúde do hospedeiro". As espécies microbianas mais utilizadas em alimentos funcionais pertencem aos gêneros de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (GREPPI et al., 2017).

De acordo com Albuquerque et al. (2021), 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 a manutenção de células probióticas numa nova matriz de origem vegetal, em substituição de produtos oriundos de leite.

Desta forma, objetivo-se nesse estudo definir a melhor condição de secagem que propicia a viabilidade da cultura probiótica contida no produto liofilizado a base umbu-cajá.

2. Materiais e Métodos

São descritos a seguir os materiais e metodologias que foram aplicadas nos experimentos desenvolvidos em parceria com os laboratórios: LAPP (Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), LEA (Laboratório de Engenharia de Alimentos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, e NUPEA (Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos) na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na Paraíba.

2.1 Matérias-primas e processamento da polpa *in natura*

Para desenvolvimento experimental deste trabalho, foram utilizados frutos de umbu-cajá (*Spondias* spp.) maduros, obtidos no comércio local na cidade de Campina Grande, Paraíba, colhidas no período da safra de 2019. Os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados, posteriormente foram realizadas as etapas de higienização, sanitização, despulpamento e armazenamento sob congelamento (-18 °C).

A cultura probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (LAFTI® B94). Como adjuvantes de secagem foram utilizados inulina (ROVAL®) e maltodextrina (MOR-REX® 1910), respectivamente.

2.2 Inoculação do microrganismo

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial da polpa de umbu-cajá integral 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), com posterior tratamento térmico à 85 °C por cerca de 1 a 2 min em banho-maria.

Após resfriada foi realizada a inoculação da cultura probiótica comercial *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (12 log UFC) na polpa numa proporção de 0,1 % (m/v). A inoculação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar, com posterior incubação em estufa bacteriológica a 37±2 °C por 22 h em anaerobiose.

2.3 Delineamento fatorial para secagem da polpa de umbu-cajá em liofilizador

Para análise de regressão não linear dos dados experimentais foi utilizado um planejamento fatorial 2² com três repetições no ponto central, totalizando 7 experimentos. O planejamento utilizado neste trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis

independentes: concentração de maltodextrina e inulina (%), sobre as variáveis dependentes: rendimento e número de células viáveis, buscando diminuir a quantidade de ensaios e consequentemente, o tempo e custo empregado no processo. Os níveis superiores, inferiores e os pontos centrais foram determinados mediante uma série de testes preliminares.

Na Tabela 1 estão expostos os níveis reais e codificados das variáveis independentes de entrada utilizadas no processo.

Tabela 1 - Níveis reais e codificados das variáveis de entrada.

Níveis reais	Níveis codificados		
	-1	0	+1
C _{MALTO} (%)	2,5	5,0	7,5
C _{INU} (%)	2,5	5,0	7,5

Para análise de regressão não linear dos dados experimentais, foi utilizado um delineamento fatorial 2² com três repetições no ponto central, resultando em 7 experimentos, a matriz do planejamento fatorial foi obtida pelo programa Statistica, versão 7.0 conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Matriz de planejamento fatorial 2² com 3 repetições no ponto central.

Ensaio	C _{MALTO} (%)	C _{INU} (%)
1	2,5	2,5
2	2,5	7,5
3	7,5	2,5
4	7,5	7,5
5	5,0	5,0
6	5,0	5,0
7	5,0	5,0

C_{MALTO}: Concentração de Maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina.

Como variáveis dependentes foram analisados o número de células viáveis (NCV) e o rendimento.

O número de células viáveis foi obtido a partir da diluição seriada da amostra em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia descrita em Lima et al. (2009). O plaqueamento foi executado em placas de Petri por inoculação em profundidade com adição de sobrecamada utilizando o meio de cultura Man Rogosa Sharpe Agar – MRS com adição de L-

cisteína 0,05%, incubadas a 37 ± 2 °C por 72 h em jarras de anaerobiose contendo sistema de controle de oxigênio. Os resultados obtidos foram expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama (UFC/g).

Para determinação do rendimento, será utilizada a Equação 1:

$$R (\%) = \frac{M_C}{M_A} \times 100 \quad (1)$$

Em que, R (%) - Rendimento do processo em porcentagem; M_C - Massa coletada (g); e, M_A - Massa alimentada (g).

2.4 Secagem em liofilizador para obtenção da polpa probiótica em pó

A secagem da polpa probiótica de umbu-cajá foi realizada em liofilizador modelo ALPHA 1-2 LD plus. Realizou-se a secagem de 7 formulações para o processo de liofilização, compostas da polpa de umbu-cajá probiótica com diferentes concentrações de maltodextrina e inulina. As formulações passaram por homogeneização por cerca de 5 minutos até completa dissolução dos adjuvantes.

As formulações foram distribuídas em formas de gelo e congeladas em freezer por 48 horas. Após o congelamento, o material foi levado imediatamente para o liofilizador, permanecendo no equipamento por 72 h a -50 °C. Em seguida, as amostras liofilizadas foram trituradas em processador para obtenção dos pós.

2.5 Caracterização das polpas probióticas em pó obtidas por secagem em liofilizador

As polpas probióticas de umbu-cajá em pó resultante do processo de secagem por liofilização foram caracterizadas de acordo com os parâmetros físico-químicos, químicos, antioxidantes e número de células viáveis descritos anteriormente nos tópicos 3.3, 3.4 e 3.8, respectivamente. Realizou-se também determinações dos parâmetros físicos de: densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner, Índice de Carr, molhabilidade e solubilidade.

2.6 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos resultados obtidos das caracterizações físico-químicas, químicas e físicas foi realizada no programa computacional Assistat versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016), em delineamento inteiramente casualizado por meio de análise de regressão

polinomial na análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito das variáveis independentes dos processos de secagem sobre as variáveis dependentes foi avaliado mediante análise estatística utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0.

3. Resultados e Discussão

3.1 Delineamento fatorial para secagem da polpa probiótica em liofilizador

3.1.1. Variáveis dependentes

Na Tabela 3 estão inseridos os resultados obtidos para rendimento e número de células dos 7 ensaios de secagem adquiridos no delineamento experimental (DOE) executado para otimização do processo.

Tabela 3 - Resultados das variáveis dependentes obtidos mediante delineamento fatorial.

EXP.	C _{INU} (%)	C _{MALTO} (%)	Rendimento (%)	Número de Células viáveis (UFC/g)
1	2,5	2,5	14,20	1,90667E+12
2	7,5	2,5	18,93	7,54E+12
3	2,5	7,5	18,87	5,23E+12
4	7,5	7,5	23,33	5,01E+12
5	5,0	5,0	18,70	3,77333E+12
6	5,0	5,0	18,00	3,47E+12
7	5,0	5,0	18,60	3,5E+12

C_{MALTO}: Concentração de Maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina, UFC: Unidades Formadoras de Colônias.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que o resultado obtido para variável rendimento apresentou proporções de 14,20% no ensaio 1 até 23,33% para o experimento 4, verificando a obtenção de valores próximos ao dobro de amostra no mesmo processo de secagem.

Avaliando o resultado encontrado com relação às variáveis de entrada utilizadas foi possível constatar que o menor rendimento, dentre os ensaios realizados, foi decorrente dos menores níveis de concentração dos adjuvantes de secagem, assim como a utilização de maiores concentrações de maltodextrina e inulina proporcionaram um maior rendimento.

Em virtude do aumento nas concentrações dos adjuvantes de secagem gera-se um maior rendimento do processo, uma vez que a massa alimentada terá um maior volume. Salienta-se que o emprego dos mesmos também proporciona uma ação encapsulante que justifica uma maior concentração das propriedades nutricionais presentes, resultando nesse aumento do rendimento quando associado às maiores concentrações das variáveis de entrada.

Em termos do número de células viáveis todos os resultados obtidos para os 7 ensaios de secagem apresentaram valores próximos, tendo em vista que os resultados são na ordem de $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$. Para fins comparativos, conforme Tabela 3, pode-se destacar o ensaio 2 com maior concentração de células viáveis em relação aos demais ensaios de secagem. De acordo com Golowczyc et al. (2011), as baixas temperaturas podem contribuir para a sobrevivência do microrganismo probiótico durante e após a secagem, já que as altas temperaturas utilizadas podem causar a perda de viabilidade desses microrganismos.

Embora os resultados obtidos apresentem uma elevada concentração do número de células viáveis da bactéria probiótica, vale destacar que, de acordo com Dias (2019), os métodos tradicionais para monitoramento da viabilidade probiótica, baseados no plaqueamento em meios de cultura, são técnicas dependentes de cultivo e apresentam certas limitações, como o tempo necessário para obtenção de resultados, além da possibilidade de subestimarem as contagens de células viáveis, devido à existência de células em estado viável não cultivável (VNC) nas amostras, as quais estão viáveis, porém, são incapazes de crescerem em meios de cultura.

Tendo com respaldo que a quantidade mínima diária da cultura probiótica ingerida para que seja considerado um efeito terapêutico deve ser de 10^8 a 10^9 UFC por g ou mL, de acordo com dados da ANVISA (2019) e destaque-se que os resultados obtidos se encontram em conformidade com a legislação vigente.

3.1.2 Coeficientes de regressão

Na Tabela 4 consta o efeito de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial, os valores de F e o coeficiente de determinação R^2 .

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

Coeficientes		R (%)	NCV
β_0	-	18,66190	4,347143E+12
β_1	C _{INU}	2,30000	1,353333E+12
β_2	C _{MALTO}	2,26667	NS
β_3	C _{INU.CMALTO}	NS	1,463333E+12
R^2		0,98632	0,82831
F		293,0454	684,7359

β_0 - β_3 : Coeficientes de regressão; R^2 : Coeficiente de determinação; C_{MALTO}: Concentração de maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina; NS: Não Significativo; R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

Na Tabela 4, de acordo com o coeficiente β_0 , a média para variável do rendimento no processo foi de 18,66%. Destaca-se que o rendimento de pós de frutas obtidos pela secagem é afetado por fatores relacionados a todos os parâmetros que envolvem o processo como, por exemplo, as características intrínsecas da polpa de fruta utilizada, condições climáticas no dia da secagem, dentre outros.

Segundo o coeficiente β_0 , o valor médio para o número de células viáveis foi de aproximadamente $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$, concentração considerada suficiente para se enquadrar como um alimento probiótico, de acordo com as recomendações diárias da legislação brasileira, ressaltando que a polpa de umbu-cajá se trata de um meio favorável ao desenvolvimento e conservação da bifidobactéria estudada.

Partindo do princípio que, para resultados apresentados com valores positivos indica-se que a passagem do valor mínimo a um valor máximo da variável independente estabelecida, ocasionou um aumento na resposta, ou seja, a variável em estudo apresenta um aumento no seu valor correspondente. Logo, quando o valor do efeito estimado é negativo: tem-se uma diminuição na resposta à medida que há um aumento no valor da variável independente e dentro dos limites estabelecidos pelo planejamento fatorial.

Em virtude do pressuposto, a concentração de inulina apresentou efeito positivo para ambas as variáveis respostas, implicando que o aumento em seus teores possibilita um maior rendimento e maior número de células viáveis.

Para concentração de maltodextrina (C_{MALTO}), observou-se uma influência positiva para o rendimento afirmando que o aumento de sua concentração resulta em um aumento no valor médio obtido para essa variável (rendimento): todavia, a variação desse parâmetro no processo não apresentou valores significativos para a variável do rendimento.

A partir da relação das variáveis de entrada (β_3) é possível observar que a interação entre a concentração de maltodextrina e inulina influenciou no processo de secagem positivamente no número de células viáveis, ao aumentar a concentração de ambas, justificando a necessidade do equilíbrio entre o adjuvante de secagem (maltodextrina) e o encapsulante (insulina). Essa interação não apresentou significância no rendimento do processo.

De acordo com Rodrigues e Iemma (2014), o coeficiente de determinação, R^2 , trata-se de uma quantificação que relaciona a qualidade do ajustamento por fornecer uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, apresentando valores compreendidos entre 0 a 100%.

Para o rendimento pode-se observar um coeficiente de determinação de 0,82831 (82,83%) e de 0,98632 (98,63%) para o número de células viáveis valores bem próximos de 1, indicando que o modelo em questão descreve adequadamente a influência exercida pelas variáveis independentes (concentração de maltodextrina e de inulina) sobre as variáveis dependentes (rendimento e número de células viáveis).

Esse parâmetro fornece uma informação auxiliar o resultado da análise de variância da regressão, onde é possível verificar se o modelo proposto é ou não adequado para descrever o fenômeno em estudo, ou seja, se os modelos ajustados foram estatisticamente significativos.

Para a comprovação de quais fatores e interação foram realmente significativos para o processo foi realizado o teste F, que é de fundamental importância para entender o comportamento das variáveis, por meio da relação entre o F calculado através da ANOVA e o F tabelado através dos graus de liberdade, observados para cada variável dependente.

Ao correlacionar o F calculado para a variável rendimento 293,0454 com o F tabelado para seus respectivos graus de liberdade 6,94, observa-se que o F calculado é maior que o F tabelado afirmando que a variável rendimento é estatisticamente significativa para o processo.

Para o número de células viáveis, os respectivos graus de liberdade fornecem um F tabelado de 6,94 e um valor de F calculado de 684,7359 concluindo que essa variável também é estatisticamente significativa ao processo, uma vez que o F calculado é maior que o F tabelado.

3.1.3 Superfícies de resposta

Para o planejamento do tipo delineamento fatorial, as superfícies de resposta foram geradas devido a detecção das variáveis serem estatisticamente significativas, de acordo com a análise de variância (ANOVA).

As Figuras 1 e 2 ilustram as superfícies de respostas obtidas para as variáveis dependentes de rendimento e número de células viáveis, relacionando as variáveis independentes do processo.

Analisando a Figura 1 é possível constatar que uma maior concentração de maltodextrina quando associada a uma maior quantidade de inulina resultam num maior rendimento do processo.

Tendo em vista a otimização do processo, embora exista um custo associado ao uso desses aditivos de secagem, de acordo com Araújo (2019), a utilização desses ingredientes permite uma ação protetora das culturas bacterianas, principalmente, devido aos efeitos

exercidos sobre a membrana celular da bactéria quando submetida aos processos de desidratação devido a mudança do estado físico, o que poderia resultar em uma perda da viabilidade bacteriana, podendo, assim, comprometer sua atividade metabólica.

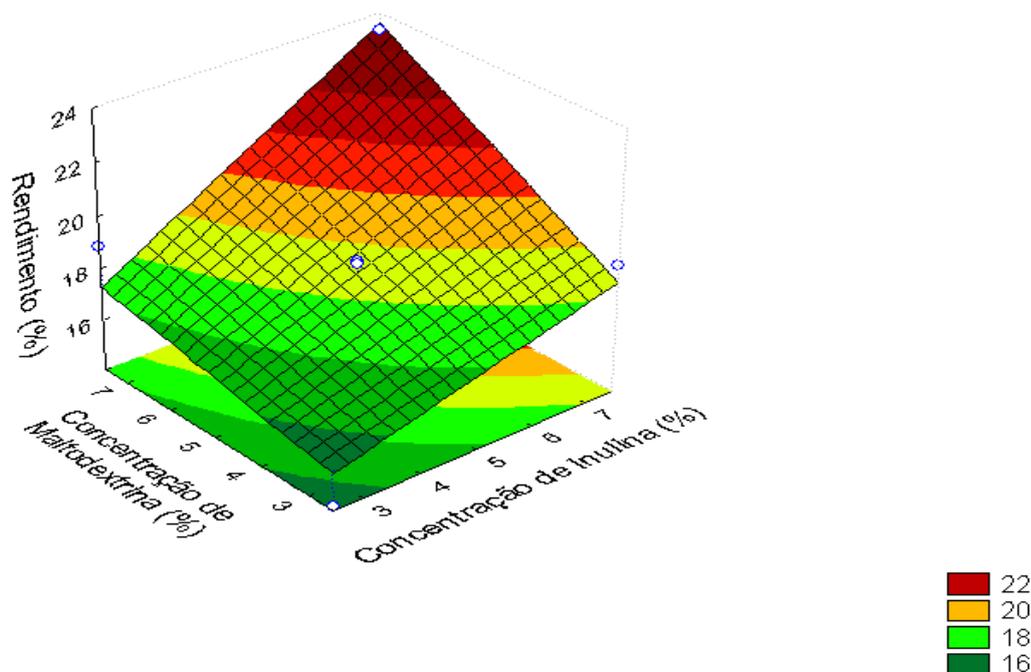


Figura 1 - Superfície de resposta da variável rendimento para interação da concentração de maltodextrina (%) e inulina (%).

Kingwatee et al. (2015) verificaram entre diversas combinações com maltodextrina, inulina e goma arábica, que a combinação de inulina e maltodextrina como agentes encapsulantes de *Lactobacillus casei* em suco de lichia conferiu melhor proteção ao microrganismo probiótico.

Embora o estudo em questão use outro tipo de matriz vegetal e bactéria, a abordagem de que o uso da inulina em junção da maltodextrina, também utilizadas nesse trabalho, resulta nas maiores taxas de sobrevivência do microrganismo probiótico (após o processo de secagem) permite ressaltar a importância de que a escolha desses adjuvantes pode ser utilizada para a microencapsulação de outros sucos de frutas probióticos, embora os estudos disponíveis até o momento sejam escassos.

Na Figura 2 é possível constatar um aumento no número de células viáveis em decorrência de uma maior concentração de inulina, não sendo necessário que os valores de concentração de maltodextrina também fossem máximos.

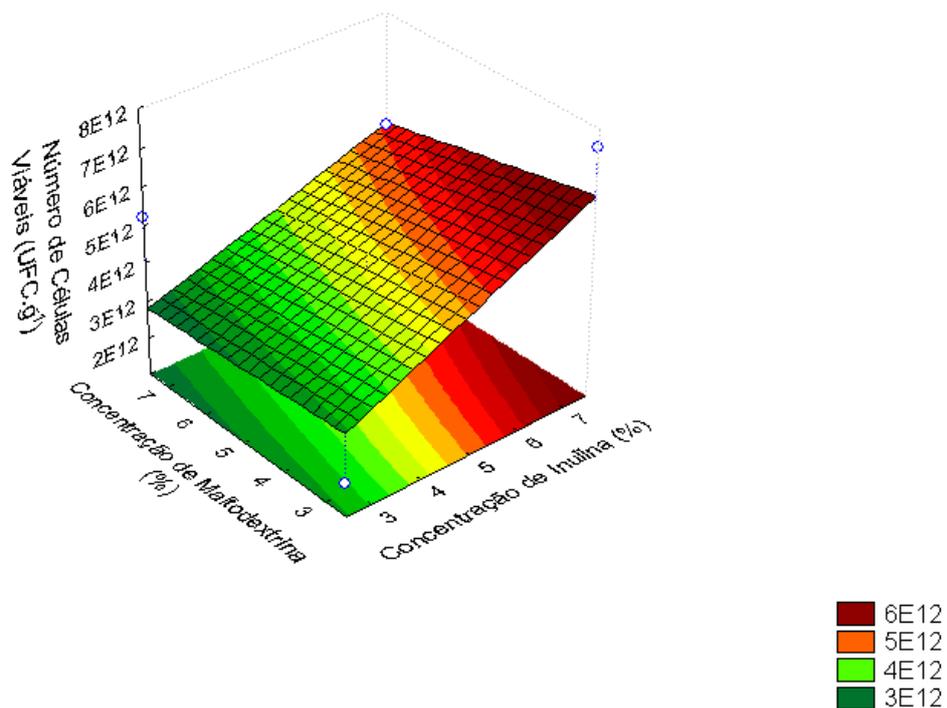


Figura 2 - Superfície de resposta da variável número de células viáveis para interação da concentração de maltodextrina (%) e inulina (%).

De acordo com De Prisco e Mauriello (2016), o uso da inulina e outros prebióticos como agentes encapsulantes para a melhoria da viabilidade probiótica durante a produção e armazenamento vêm recebendo grande atenção. Sendo essa abordagem, segundo Huang et al. (2017), considerada de grande utilidade, especialmente, quando aplicadas técnicas de secagem como o processo de liofilização.

Mediante os resultados obtidos (avaliando o efeito em todo processo para ambas as variáveis respostas, considerando que em termos do número de células viáveis todos os resultados obtidos para os 7 ensaios de secagem apresentaram valores que classificam o produto obtido com potencial probiótico), conclui-se que a utilização dos valores máximos dos aditivos de secagem permite uma melhor otimização do processo.

Essa justificativa é elucidada quando se comparam os resultados obtidos nesse estudo com o relatado por Shu et al. (2012) que atribuíram um efeito protetor na cultura probiótica decorrente da presença de fruto-oligossacarídeos (FOS), isomalto-oligossacarídeos, inulina e xiloxigossacarídeos em bifidobactérias liofilizadas.

3.2 Caracterização físico-química e química da polpa probiótica líquida e em pó

Na Tabela 5 constam os parâmetros físico-químicos e químicos analisados na polpa de umbu-cajá em base úmida após ser inoculada a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis.

Tabela 5 - Caracterização físico-química e química da polpa de umbu-cajá probiótica em base úmida.

Parâmetros	Polpa Probiótica
pH	4,73 ± 0,058
Acidez total titulável (g ácido cítrico/100 g)	1,64 ± 0,036
Teor de água (%)	87,5 ± 0,100
Sólidos totais (%)	12,5 ± 0,100
Sólidos solúveis totais (°Brix)	13,4 ± 0,100
Carotenoides (µg/100g)	23,40 ± 0,0004
Fenólicos totais (mg/g)	31,17 ± 1,199
Ácido ascórbico (mg/g)	15,55 ± 0,456
Açúcares redutores (µg/mg)	2,947± 0,003

Médias (n=3) seguidas de desvio padrão.

Quando comparado o resultado de pH obtido 4,73 ao estudo desenvolvido por Kun et al. (2008) que também utilizaram a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, apesar de adicionada em suco de cenoura, com pH inicial 6,40, após o período de 12 horas obtiveram um pH do suco de 4,30, valor inferior ao encontrado nesse trabalho. Ressalta-se que, embora tenha ocorrido a redução desse parâmetro na polpa de umbu-cajá após a adição da bifidobactéria, de acordo com Saarela et al. (2011) as bifidobactérias são sensíveis a pH inferior a 4,60.

O alto teor de água da amostra favorece a perecibilidade dos produtos e salienta a necessidade da aplicação de uma técnica de secagem. De acordo com Nemzer et al. (2018), a secagem é uma alternativa aplicável às polpas de frutas por ser capaz de aumentar a vida útil, concentrar compostos nutricionais e antioxidantes.

Os resultados encontrados nas análises químicas de carotenoides, fenólicos totais, ácido ascórbico e açúcares redutores elucidam o que afirma Carvalho et al. (2017), quanto aos frutos de umbu-cajá serem fonte de vitamina C e apresentarem considerável qualidade nutritiva. Oladunjoye et al. (2021) também afirmam que essas quantificações apresentam valores

significativos por se tratar de uma espécie de *Spondias* que contém frutas consideradas como fonte de vitaminas e compostos bioativos.

As frutas e seus coprodutos agroindustriais são fontes naturais de açúcares simples e oligossacarídeos não-digeríveis (fruto-oligossacarídeos), como também compostos fenólicos com atividades antioxidantes, conforme afirma Batista et al. (2018). Acredita-se que o uso desses coprodutos pode apresentar potencial para estabelecimento de propriedades de proteção de células bacterianas submetidas aos processos de secagem, como a liofilização.

De acordo com a Tabela 5 pode-se observar que, nas análises de perfil físico-químico e químico, a polpa de umbu-cajá (quando carregadora da cultura probiótica) ainda dispõe de propriedades nutricionais. Essa abordagem foi semelhante à descrita por Araujo Rodrigues et al. (2021) ao utilizar polpa de cajá como matriz da cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) utilizada nesse estudo.

Sendo assim, as polpas de frutas podem representar uma matriz em potencial para incorporação de culturas probióticas, tendo em vista que são produtos ricos em vitaminas, minerais, compostos bioativos com propriedade antioxidante, o que representa um fator importante para que os probióticos exerçam suas funções no organismo do hospedeiro (SHORI, 2016).

Na Tabela 6 constam os parâmetros físico-químicos e químicos analisados na polpa de umbu-cajá em base seca após ser inoculada a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis nas diferentes formulações.

Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem.

EXP.	C _{INU} (%)	C _{MALTO} (%)	pH	AT (% C ₆ H ₈ O ₇)	TA (%)	TS (%)	A _w	FT (mg/g)	AA (mg/g)	AR (µg/mg)	CT (mg/100g)
1	2,5	2,5	4,875 ±	1,865 ±	15,798 ±	84,513 ±	0,467 ±	63,207 ±	0,574 ±	0,2050 ±	0,102 ±
			0,007a	0,044a	1,33a	1,33d	0,002a	0,11d	0,02f	0,00001b	0,003a
2	7,5	2,5	4,855 ±	1,612 ±	10,351 ±	89,866 ±	0,367 ±	42,933 ±	0,726 ±	0,2030 ±	0,041 ±
			0,007a	0,04b	0,840c	0,840ab	0,001d	1,42g	0,007e	0,00001b	0,009d
3	2,5	7,5	4,815 ±	1,580 ±	9,876 ±	90,082 ±	0,406 ±	55,199 ±	0,88 ±	0,3030 ±	0,039 ±
			0,007b	0,001c	0,034c	0,034a	0,001c	2,287e	0,003a	0,00001a	0,001d
4	7,5	7,5	4,76 ±	1,422 ±	9,25 ±	90,833 ±	0,372 ±	45,956 ±	0,842 ±	0,3008±	0,050 ±
			0,001c	0,04e	1,06c	1,06a	0,001d	0,092f	0,004b	0,00001b	0,002c
5	5,0	5,0	4,77 ±	1,580 ±	11,721 ±	88,269 ±	0,425 ±	64,094 ±	0,806 ±	0,2046±	0,082 ±
			0,014c	0,08c	0,394b	0,394bc	0,001b	0,092c	0,02d	0,00001b	0,005b

6	5,0	5,0	4,76 ±	1,517 ±	12,068 ±	87,953 ±	0,453 ±	64,875 ±	0,822 ±	0,2044 ±	0,099 ±
			0,001c	0,087d	0,348b	0,348c	0,001b	1,328b	0,004c	0,00001b	0,004a
7	5,0	5,0	4,77 ±	1,549 ±	12,00 ±	88,277 ±	0,449 ±	65,954 ±	0,805 ±	0,2050 ±	0,099 ±
			0,001c	0,08cd	0,035b	0,035bc	0,001b	1,241a	0,09d	0,00001b	0,009a

C_{MALTO}: Concentração de maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina. AT: Acidez titulável; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; Aw: Atividade de água; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; AR: Açúcares redutores; CT: Carotenoides totais. C₆H₈O₇: ácido cítrico. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Os valores de pH e acidez obtidos para polpa probiótica em pó foram semelhantes ao observado na polpa líquida adicionada da bífidobactéria com resultados superiores a 4,7 para o pH e uma acidez máxima de 1,865 no ensaio 1. Os teores de água dos pós liofilizados variaram de 9,75 a 15,80% e estando em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação RDC nº 272/05 que recomenda, em produtos de frutas secas ou desidratadas, um percentual máximo de umidade de 25% (BRASIL, 2005).

O teor de umidade e a atividade de água (Aw) são fatores essenciais no que diz respeito à duração e estocagem de produtos em pó, uma vez que valores mais baixos demonstram estabilidade microbiológica do produto. O experimento 4, com maiores concentrações de maltodextrina e inulina, apresentou melhor resultado para o teor de água com porcentagem de 9,75%, e valor de 0,372 para atividade de água, não diferindo estatisticamente do menor resultado obtido de 0,367.

Observa-se, de acordo com esses parâmetros, que os valores encontrados para teor e atividade de água variaram de acordo com a concentração dos adjuvantes de secagem, sendo os maiores teores obtidos para as menores concentrações de maltodextrina e inulina e os menores valores para maiores concentrações desses aditivos: prontamente foi possível constatar um decréscimo da atividade e teor de água com o aumento da adição da maltodextrina e inulina. Logo, o comportamento estatístico para as análises de teor de água, teor de sólidos e atividade de água apresentou diferença significativa entre os ensaios, visto que esses parâmetros variam com relação às variáveis de entrada.

Essa redução da atividade de água, segundo Peighamardoust et al. (2011), torna-se um atrativo para o produto obtido uma vez que as bactérias probióticas sobrevivem melhor em ambientes com baixa atividade de água, embora a presença de água residual seja essencial para manter a estabilidade estrutural das membranas celulares.

Entre os antioxidantes, os compostos fenólicos têm recebido atenção devido a sua atividade biológica. As evidências sugerem que as frutas e vegetais que contenham metabólitos secundários (compostos fenólicos) apresentam efeitos benéficos à saúde, com ação anti-inflamatória, agindo também na prevenção de diversas doenças crônicas degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e distúrbios do sistema nervoso central (LIMA et al., 2017; REFOSCO et al., 2019).

Segundo Campos et al. (2018), o alto teor de compostos fenólicos são responsáveis pela alta capacidade antioxidante da fruta, sendo o maior resultado obtido no ensaio 7 desejado, em virtude da maior capacidade de sequestro de radicais livres. Salienta-se que os compostos fenólicos também estão entre os componentes que incidem sobre a qualidade do fruto contribuindo para características sensoriais como cor e sabor. Também são utilizados na conservação dos alimentos contra alterações por microrganismos ou por oxidações lipídicas.

Para análise desse parâmetro observou-se que as médias de todos os ensaios avaliados apresentaram diferenças significativas entre si, mostrando assim a particularidade de cada experimento executado: os resultados variaram de 42,933 mg/g (experimento 2) a 65,954 mg/g (experimento 7).

Partindo do afirmado por Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008), os níveis de compostos fenólicos totais podem ser divididos em três categorias, de acordo com sua concentração: baixo, quando inferior a 500 mg EAG/100g; intermediário, com variação entre 500 e 2500 mg EAG/100 g; e de nível alto quando superior a 2500 mg EAG/100 g. Logo, de acordo com essa afirmativa, tem-se que os conteúdos de fenólicos obtidos nas polpas probióticas em pó apresentaram-se com altos teores.

O conteúdo de ácido ascórbico pode variar de acordo com a fase de desenvolvimento e é atribuído ao genótipo de cada espécie, segundo Liang et al. (2017): com isso, variações entre frutas são encontradas de acordo com os estádios de maturação e tipos de genes, diminuindo, aumentando ou havendo picos na concentração de ácido ascórbico.

De acordo com Almeida et al. (2011), o nível de vitamina C em *Spondias tuberosa* é de aproximadamente 0,121 mg g⁻¹, valor inferior aos encontrados neste estudo. Santos et al. (2016) estudaram o armazenamento do pó de umbu-cajá (*Spondias spp.*) liofilizado, reportando ao início, teor de ácido ascórbico de 0,7360 mg g⁻¹, valor próximo ao ensaio 2 de 0,726 mg g⁻¹ e superior apenas ao experimento 1, que possui as menores concentrações de inulina e maltodextrina. Campos et al. (2018), ao analisarem frutos de umbu em diferentes estádios de

maturação também, constataram valores inferiores para a análise de ácido ascórbico com resultados compreendidos entre 0,085 e 0,419 mg g⁻¹.

De modo geral, os pós apresentaram teores de açúcares redutores superiores ao da polpa líquida: este fato era esperado devido ao processo de remoção da água favorecer a concentração dos outros componentes presentes nas amostras. Ressalta-se também que o acréscimo da maltodextrina e inulina nas formulações dos pós, por se tratarem de dois carboidratos de alto peso molecular também favoreceu para esse resultado.

Analisando os valores obtidos foi possível constatar que o experimento 3 diferiu estatisticamente dos demais ensaios, apresentando um maior conteúdo de açúcares redutores, o que pode ser justificado pelo experimento conter uma maior concentração de maltodextrina, pois, de acordo com Farahnaky et al. (2016), as maltodextrinas são produtos de hidrólise de amido, consistindo em unidades de α -D-glucose ligadas principalmente por ligações glicosídicas e classificadas pela sua dextrose equivalente (DE), que é a porcentagem de açúcares redutores calculados como glicose em relação ao peso seco do amido.

O conteúdo de carotenoides presentes nos pós liofilizados probióticos apresentaram um aumento quando comparado ao teor na polpa probiótica líquida com valor de 0,02340 mg (100g)⁻¹ (Tabela 5) de carotenoides totais, e as médias obtidas para os experimentos dos pós variaram de 0,039 a 0,102 mg (100 g)⁻¹. Esse comportamento corrobora com estudos que utilizam esse método de secagem, uma vez que a sublimação da água proporciona a concentração dos compostos presentes na amostra, elevando assim seus teores.

De acordo com Ribeiro et al. (2017), trabalhos publicados envolvendo espécies de *Spondias* estão relacionados com uma pronunciada capacidade antioxidante devido à concentração de substâncias como carotenoides, ácido ascórbico e compostos fenólicos, estando em conformidade com os resultados obtidos nesse estudo.

3.3 Caracterização das propriedades físicas da polpa probiótica liofilizada

Na Tabela 7 constam os parâmetros físicos analisados na polpa de umbu-cajá em base seca após ser inoculada a bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis nas diferentes formulações.

Tabela 7 - Caracterização das propriedades físicas da polpa probiótica em pó liofilizada.

EXP.	C _{INU} (%)	C _{MALTO} (%)	ρ_a (g/cm ³)	ρ_c (g/cm ³)	FH	IC (%)	M (g/s)	S (%)
1	2,5	2,5	0,426 ±	0,507 ±	1,186 ±	15,9 ±	0,274 ±	96,0 ±
			0,014b	0,01c	0,014d	0,01d	0,005c	1,41a
2	7,5	2,5	0,546 ±	0,582 ±	1,071 ±	16,8 ±	0,061 ±	68,0 ±
			0,025a	0,017b	0,019e	0,001e	0,001d	1,414e
3	2,5	7,5	0,422 ±	0,533 ±	1,244 ±	20,8 ±	0,044 ±	72,0 ±
			0,009b	0,011c	0,001c	0,001c	0,004e	1,414d
4	7,5	7,5	0,455 ±	0,591 ±	1,293 ±	23,0 ±	0,043 ±	82,0 ±
			0,009b	0,026 b	0,032b	0,019b	0,001e	2,82b
5	5,0	5,0	0,492 ±	0,61 ±	1,231 ±	18,8 ±	0,322 ±	85,0 ±
			0,012ab	0,01ab	0,004c	0,003c	0,001a	2,68b
6	5,0	5,0	0,491 ±	0,625 ±	1,366 ±	26,9 ±	0,261 ±	77,0 ±
			0,001ab	0,005a	0,008a	0,004a	0,001c	2,55c
7	5,0	5,0	0,421 ±	0,593 ±	1,348 ±	25,5 ±	0,291 ±	83,0 ±
			0,011b	0,021b	0,013a	0,007a	0,001b	1,99b

C_{MALTO}: Concentração de maltodextrina; C_{INU}: Concentração de inulina. ρ_a : Densidade aparente; ρ_c : Densidade compactada; FH: Fator de Hausner; IC: Índice de Caar; M: Molhabilidade; S: Solubilidade. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

As densidades aparentes e compactadas permitem analisar todos os espaços livres entre as partículas: de acordo com a Tabela 7 observa-se que os valores da densidade aparente (ρ_a) para todos os experimentos apresentaram proximidade, com um maior resultado constatado no experimento 2, constituindo uma característica positiva uma vez que os valores de densidade aparente mais altos permitem acomodação de mais material em recipientes menores, em virtude desse parâmetro ser inversamente proporcional ao volume.

Os valores de densidade compactada foram superiores aos da densidade aparente para todos os ensaios, o que é justificado devido o batimento permitir que as partículas menores ocupem os vazios entre partículas maiores e atinjam uma condição de empacotamento, conforme descrito por Mitra et al. (2017).

Assim como na densidade aparente, ao retratar um produto seco com alta densidade compactada, o armazenamento em embalagens menores torna-se possível devido também ocorrer a redução nos espaços, com conseqüente redução da presença de oxigênio no interior do produto. De acordo com Chang et al. (2018) isso ocorre, pois as distâncias entre as partículas

diminuem devido as forças de Van Der Waals, fazendo com que as partículas que ficam em um espaço fechado se tornem compactas.

Ao serem comparados os resultados obtidos com outros estudos que também utilizaram esse processo de secagem em diferentes polpas de frutas foi possível detectar valores semelhantes ao presente trabalho: no estudo desenvolvido por Shishir et al. (2017) ao analisarem o pó de goiaba armazenado relataram densidade aparente de $0,50 \text{ g/cm}^3$ e densidade compactada de $0,57 \text{ g/cm}^3$; outra pesquisa desenvolvida por Darniadi, Ho, Murray (2017) estudando pós de mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) obtidos por liofilização observaram que estes apresentaram densidade aparente menor do que os pós obtidos nesse estudo, com valores entre $0,3$ e $0,4 \text{ g/cm}^3$.

Em relação ao Fator de Hausner (FH), que corresponde a relação entre as densidades compactada e aparente avaliando a coesividade dos produtos em pó, os resultados obtidos variaram entre $1,071$ e $1,366$, com o maior valor obtido para o experimento 6. Comparando os resultados desse estudo com Santhalakshmy et al. (2015), os valores obtidos nos ensaios apresentaram coesividade entre baixa e intermediária tendo em vista que pós que apresentam fator de Hausner inferiores a $1,2$ são classificados como de baixa coesividade, FH entre $1,2$ a $1,4$ são de coesividade intermediária e $\text{FH} > 1,4$ são considerados de alta coesividade. A avaliação desse parâmetro e do índice de Carr permite analisar além das propriedades de coesão a fluidez do produto obtido.

O índice de Carr ou índice de compressibilidade dos pós de umbu-cajá probiótico apresentaram médias entre $15,9$ e $26,9\%$: essa análise permite indicar a capacidade de empacotamento das partículas. Valores de IC entre $15-20\%$ têm boa fluidez, entre $20-35$ pobre fluidez, entre $35-45\%$ fluidez ruim e $\text{IC} > 45\%$ fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Logo, verificou-se que os pós obtidos neste estudo foram de boa fluidez nos ensaios 1, 2, 3 e 5. E não foram obtidos resultados para uma fluidez ruim.

A molhabilidade apresentou aumento com a redução dos teores de maltodextrina e inulina. Sendo a maior molhabilidade verificada no pó obtido a partir do ensaio 5, no valor de $0,322 \text{ g/s}$ e a menor molhabilidade foi obtida para o pó do ensaio 4, com valor médio de $0,043 \text{ g/s}$ onde utilizou-se as maiores concentrações de maltodextrina e inulina.

Estes resultados apontam para uma tendência à redução da molhabilidade com o aumento dos teores dos adjuvantes de secagem, uma vez que o acréscimo dos mesmos deixa as partículas mais densas, dificultando a molhabilidade e aumentando a tendência de aglomeração.

Vale ressaltar que, de acordo com Tonon et al. (2013), a taxa de molhabilidade é caracterizada pela susceptibilidade das partículas em ser penetrada pela água e está relacionada a diferentes fatores que variam desde à composição química do alimento, quanto aos fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas, bem como a temperatura da água de reconstituição o que justifica a discrepância em alguns dos resultados obtidos.

A adição de adjuvante de secagem afetou significativamente a solubilidade, a qual pode estar relacionada à solubilidade do agente carreador utilizado e também ao tamanho das partículas do material produzido, visto que quanto menor o tamanho das partículas, maior a área de superfície disponível para hidratação. Outro aspecto importante é a dispersão das partículas, dado que a menor aglomeração promove melhor solubilidade da amostra (KUCK; NORENA, 2016). A solubilidade em água do produto em pó depende de vários fatores, principalmente da composição da estrutura e do tamanho das partículas (CORTÊS-ROJAS; SOUZA; OLIVEIRA, 2015).

A solubilidade em água do produto em pó, segundo Cortês-Rojas, Souza e Oliveira (2015), depende de vários fatores, relacionados principalmente com a composição da estrutura e do tamanho das partículas obtidas na secagem. Nos produtos em pó, a solubilidade é usada para verificar a facilidade do pó em se reconstituir na água à temperatura ambiente, tendo em conta a possibilidade de ser reidratado antes de ser utilizado.

De acordo com os resultados obtidos para análise de solubilidade dos pós probióticos de umbu-cajá foi possível observar que uma menor concentração dos adjuvantes de secagem possibilita uma maior solubilidade apresentando um valor médio de 96% nas concentrações de 2,5% de maltodextrina e inulina.

Esse comportamento é justificado devido a relação da solubilidade do agente carreador utilizado, assim como ao tamanho das partículas do material produzido, visto que quanto menor o tamanho das partículas, maior a área da superfície disponível para hidratação. Syamaladevi et al. (2012) destaca em seu estudo que a solubilidade é considerada uma propriedade física importante no processo de reidratação.

De forma geral, os teores de solubilidade dos pós obtidos foram satisfatórios uma vez que alimentos em pó devem apresentar alta solubilidade, sendo um fator decisivo na qualidade desses produtos. Ademais, os pós obtidos de polpa de umbu-cajá probiótica representam um mercado promissor, uma vez que esta forma física proporciona um produto estável, natural e facilmente reconstituível, o qual pode ser usado como corante e/ou flavorizante em produtos alimentícios, agregando valor nutricional ao produto final.

4. Conclusão

O processo de liofilização da polpa de umbu-cajá incorporada da cultura probiótica resultou em um produto com número de células viáveis acima de $12 \log \text{ UFC g}^{-1}$, enquadrando-se como alimento com ação benéfica à saúde do consumidor. Em termos de rendimento destaca-se o experimento 4, onde obteve-se um percentual de 23,30%.

Os pós obtidos apresentaram um baixo teor de umidade e atividade de água e teores mais significativos de componentes fitoquímicos como ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides que ressaltam a ação antioxidante, potencializaram o perfil funcional do produto adquirido.

Destaca-se ainda que o liofilizado de umbu-cajá com ação probiótica apresentou uma alta solubilidade, com baixa coesividade, boa fluidez, altas densidades e menores volumes, logo, mais compacto e de melhor facilidade para transporte e armazenamento, podendo servir de base para o preparo de diversos produtos sejam alimentícios ou farmacêuticos.

5. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A. P.; RODRIGUES, T. J. A.; CAVALCANTE NETO, J. L.; ROCHA, A. P. T. Utilization of powdered fruit pulp probiotic loaders as a functional food: general aspects and perspectives. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2019310, 2021.

ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; CASTRO, C. C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 75, n. 4, p. 330-337, 2011.

ALVES, N.N.; MESSAOUD, G. B.; DESOBRY, S.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Effect of drying technique and feed flow rate on bacterial survival and physicochemical properties of a non-dairy fermented probiotic juice powder. **Journal of Food Engineering** v. 189, p.45-54, 2016.

ARAÚJO, C. M. **Efeito protetor de coprodutos do processamento de frutas tropicais em cepas probióticas *Lactobacillus* após liofilização e armazenamento.** (2019). Dissertação (Ciências da Nutrição) – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

RODRIGUES, T. J. A.; ALBUQUERQUE, A. P.; SILVA, L. R. da; SILVA, H. A.; PASQUALI, M. A. de B.; ARAÚJO, G. T. de; ROCHA, A. P. T. Production of probiotic Cajá fruit (*Spondias mombin*) powder using *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis B94 via spouted bed. **Food Science and Technology**, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n.272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”. Diário Oficial da União, Brasília: ANVS, p. 374, 2005.

CARVALHO, C. M.; FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J.; GURJÃO, F. F. Caracterização do pó de umbu-cajá com leite de cabra e maltodextrina obtido pelo método de secagem em *spray dryer*. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 2, p. 37-42, 2017.

CHANG, L. S.; KARIM, R.; ABDULKARIM, S. M.; YUSOF, Y. A.; GHAZALI, H. M. Storage stability, color kinetics and morphology of spray-dried soursop (*Annona muricata* L.)

powder: effect of anticaking agents. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 1937–1954, 2018.

DARNIADI, S.; HO, P.; MURRAY, B. S. Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 5, p. 2002–2010, 2017.

DE OLIVEIRA CAMPOS, C.; LOPES, T. D. V. C.; MONTEIRO, G. C.; LIMA, G. P. P. Caracterização de umbu (*Spondia tuberosa*) durante seu desenvolvimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 19, n. 2, 2018.

DE PRISCO, A.; MAURIELLO, G. Probiotication of foods: A focus on microencapsulation tool. **Food Science and Technology**, v. 48, p. 27–39, 2016.

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.

GREPPI A.; SAUBADE, F.; BOTTA, C.; HUMBLLOT C.; GUYOT, J.; COCOLIN, L. Potential probiotic *Pichia kudriavzevii* strains and their ability to enhance folate content of traditional cereal-based African fermented food. **Food Microbiology**, v. 62, p.169-177, 2017.

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.

HUANG, S.; VIGNOLLES, M. L.; CHEN, X. D.; LE LOIR, Y.; JAN, G.; SCHUCK, P.; JEANTET, R. Spray drying of probiotics and other food-grade bacteria: A review. **Food Science Technology**, v. 63, p. 1–17, 2017.

HUSSAIN, S. A.; PATIL, G. R.; YADAV, V.; SINGH, R.R.B.; SINGH, A. K. Ingredient. Formulation effects on physico-chemical, sensory, textural properties and probiotic count of Aloe vera probiotic dahi. **LWT - Food Science and Technology**, v.65, p.371-380, 2016.

KUN, S; REZESSY-SZABÓ, J. M; NGUYEN, Q. D; HOSCHKE, A. Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains. **Process Biochemistry**, v. 43, issue 8, p. 816-821, 2008.

LIMA, G.P.P.; BORGES, F.; VIANELLO, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, E I.O; MINATEL, G. S. Phytochemicals in organic and conventional fruits and vegetables. In: Elhadi M.Y. (eds.). Phytochemicals in organic and conventional fruits and vegetables. **John Wiley Sons**, v.2, p. 350-365, 2017.

MITRA, H.; PUSHPADASS, H. A.; FRANKLIN, M. E. E.; AMBROSE, R. K.; GHOROI, C.; BATTULA, S. N. Influence of moisture content on the flow properties of basundi mix. **Powder Technology**, v. 312, p. 133-143, 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. 1053-1061, 2021.

PEIGHAMBARDUST, S. H.; GOLSHAM, T. A.; HESARI, J. Application of spray drying for preservation of lactic acid starter cultures: a review. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 215-224, 2011.

REFOSCO, E. K.; CHOCHUK, M. M.; GASPARETTO, N. R.; MAZUR, C. E. Compostos fenólicos na alimentação e seus benefícios para a saúde: Uma revisão de literatura. **Ciência Atual – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José**, v. 13, n. 1, 2019.

RIBEIRO, L. D. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. D. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. D. Evaluation of cold storage on the bioactive compounds and physical-chemical and microbiological characteristics of pasteurized umbu juice. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

SAARELA, M; ALAKOMI, H. L; MÄTTÖ, J; AHONEN, A. M; PUHAKKA, A; TYNKKYNEN, S. Improving the storage stability of *Bifidobacterium breve* in low pH fruit juice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 149, n. 1, p. 106-110, 2011.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, p. 37-43, 2015.

SHISHIR, M. R. I.; TAIP, F. S.; SAIFULLAH, M.; AZIZ, N. A.; TALIB, R. A. Effect of packaging materials and storage temperature on the retention of physicochemical properties of vacuum packed pink guava powder. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 12, p. 83–90, 2017.

SHU, S.; GUO, S. R.; SUN, J.; YUAN, L.Y. Effects of salt stress on the structure and function of the photosynthetic apparatus in *Cucumis sativus* and its protection by exogenous putrescine. **Physiologia Plantarum**, v. 146, p. 285-296, 2012.

SILVA, D. da C. **Liofilizado para o preparo de bebida probiótica a base de umbu-cajá e acerola**. 2018. 77 f. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.

ZERAIK, M. L.; QUEIROZ, E. F.; MARCOURT, L.; CICLET, O.; CASTRO-GAMBO, A, I.; SILVA, D. H. S.; WOLFENDER, J. Antioxidants,. quinone. reductase. inducers. and. acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 396-405, 2016.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados apresentados e discutidos, pode-se concluir com a realização da metodologia proposta no presente trabalho, que a polpa de umbu-cajá apresentou parâmetros físico-químicos e fitoquímicos desejáveis para manutenção da viabilidade da bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis tratando-se de um meio diferente das matrizes lácteas comumente utilizadas. Assim, torna-se possível obter uma concentração do número de células viáveis da bactéria utilizada dentro das alegações de probiótica, enquanto líquida, durante armazenamento e por período de 28 dias sob refrigeração.

Ressalta-se também que os métodos de secagem, os quais a polpa adicionada da cultura probiótica foram submetidos, corroboraram para obtenção de um novo perfil para o produto na forma de pó, uma vez que a redução do teor de água permitiu uma maior praticidade em termos de transporte e comercialização, bem como um aumento no período de vida de prateleira. A utilização dos adjuvantes e encapsulantes (maltodextrina e inulina) proporcionaram a obtenção de pós com concentrações da cultura probiótica a níveis terapêuticos, dentro da legislação vigente para ambos os métodos de secagem (leito de jorro e liofilizador), sendo possível também constatar a presença de componentes bioativos com ação antioxidante.

Sendo assim, através desse estudo foi possível obter uma nova matriz vegetal com alegação probiótica para obtenção de pós com caráter funcional, que buscam suprir a procura da população por novas fontes alimentícias mais saudáveis, aproveitando uma fruta de grande disseminação na região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDELO, C.; IGUAL, M.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of process technology on the nutritional, functional, and physical quality of grapefruit powder. **Food Science and Technology International**, v. 23, n. 1, p. 61–74, 2016.

ALBUQUERQUE, A. P.; RODRIGUES, T. J. A.; CAVALCANTE NETO, J. L.; ROCHA, A. P. T. Utilization of powdered fruit pulp probiotic loaders as a functional food: general aspects and perspectives. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, e2019310, 2021.

ALVES, N. N.; SANCHO, S. O.; 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.

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**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf>. Acessado em: 03-10-2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/Informes/33_251007.htm>. Acesso em: 20 jul 2016.

ARAÚJO RODRIGUES, T. J.; PACHECO ALBUQUERQUE, A.; RODRIGUES DA SILVA, L.; ARAÚJO SILVA, H.; DE BITTENCOURT PASQUALI, M. A.; TRINDADE DE ARAÚJO, G.; TRINDADE ROCHA, A. P. Production of probiotic Cajá fruit (*Spondias mombin*) powder using *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis B94 via spouted bed. **Food Science and Technology**, 2021.

ASHAOLU, T. J. Immune boosting functional foods and their mechanisms: A critical evaluation of probiotics and prebiotics. **Biomedicine Pharmacotherapy**, v. 130, 110625, 2020.

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.

BARROS, S. L.; CÂMARA, G. B.; LEITE, D. D. F.; SANTOS, N. C., SANTOS, F. S.; SOARES, T. C.; LIMA, A. R. N.; SOARES, T. C.; OLIVEIRA, M. N.; VASCONCELOS, U. A. A.; ALBUQUERQUE, A. P.; QUEIROZ, A. J. M. Mathematical modeling of drying kinetics of kino bark (*Cucumis metuliferus*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, e60911608, 2020.

BORTOLIN, R. C.; CAREGNATO, F. F.; JUNIOR, A. M. D.; ZANOTTO-FILHO, A.; MORESCO, K. S.; DE OLIVEIRA RIOS, A.; GELAIN, D. P. Chronic ozone exposure alters the secondary metabolite profile, antioxidant potential, anti-inflammatory property, and quality of red pepper fruit from *Capsicum baccatum*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 129, p. 16-24, 2016.

BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. 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, p. 303-318, 2016.

BUSTAMANTE, M.; VILLARROEL, M.; RUBILAR, M.; SHENE, C. *Lactobacillus acidophilus* La-05 encapsulated by spray drying: Effect of mucilage and protein from flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v.62, p. 1162-1168, 2015.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

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.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behaviour of spray dried soursop pulp powder. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21. 2018.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; PEREIRA, W. E.; COSTA, A. P. M.; CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 2, p. 360-365, 2012.

CHEAN, S. X.; HOH, P. Y.; HOW, Y. H.; NYAM, K. L.; PUI, L. P. Microencapsulation of *Lactiplantibacillus plantarum* with inulin and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and roselle juice. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

COSTA B.C.; AZEVEDO G.S.S.; FERREIRA P.H.A.; ALMEIDA L.M.R. Probióticos na redução de sintomas de ansiedade e depressão: revisão integrativa. **Revista Ciências em Saúde**, v.10, n.4, p.97-108, 2020.

DANTAS, T. N. P.; MORAES FILHO, F. C.; SOUZA, J. S.; OLIVEIRA, J. A. D.; ROCHA, S. C. D. S.; MEDEIROS, M. D. F. D. D. Study of model application for drying of pulp fruit in spouted bed with intermittent feeding and accumulation. **Drying Technology**, v. 36, n. 11, p.1349-1366, 2018.

DIAS, C. O. **Microcápsulas de suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) probiótico produzidas pelo método de spray drying**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

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.

SANTOS, E. F. dos; ARAÚJO, R. R. de; LEMOS, E. E. P. de; 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.

SANTOS, V. dos; FONSECA, S.; SILVA, A. A. O. da; CAVALCANTE, S. M. P. Elaboração e avaliação da estabilidade de cerveja artesanal utilizando o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) e canela na maturação. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 114-136, 2021.

DUARTE, E. L.; CARLOS, L. A.; GONÇALVES, C. R.; ANDRADE, R. M. de; OLIVEIRA K. G. de. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado e comportamento higróscopico dos produtos liofilizados. **Perspectivas online: Ciências biológicas e da saúde**, v. 7, n. 23, 2017.

FERREIRA, C. L. L. F. **Prebióticos e probióticos; atualização e prospecção**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2012.

FREITAS, B. S.; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M. D.; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 430-435, 2016.

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.

GRANATO, D.; FERRANTI, P.; BERRY, E. M.; ANDERSON, J. R. Probiotic Food Development: An Updated Review Based on Technological Advancement. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v.1, p. 422-428, 2019.

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.

HUANG, S.; VIGNOLLES, M. L.; CHEN, X. D.; LE LOIR, Y.; JAN, G.; SCHUCK, P.; JEANTET, R. Spray drying of probiotics and other food-grade bacteria: A review. **Food Science & Technology**, v. 63, p. 1–17, 2017.

HUSSAIN, S. A.; PATIL, G. R.; YADAV, V.; SINGH, R.R.B.; SINGH, A. K. Ingredient formulation effects on physico-chemical, sensory, textural properties and probiotic count of Aloe vera probiotic dahi. **LWT - Food Science and Technology**, v.65, p.371-380, 2016.

IBIAPINA, A.; DE AGUIAR, A. O.; TORRES, E. A.; DA SILVA SOARES, C. M.; ZUNIGA, A. D. G. Obtenção de pó de polpa detox utilizando liofilização e spray drying como métodos de secagem. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 3, 2018.

KAILASAPATHY, K. Microencapsulation for gastrointestinal delivery of probiotic bacteria. KWAK, H. S. Nano- and microencapsulation for foods. **John Wiley & Sons Ltd.**, v.1, p. 167–197, 2014.

KANDYLIS, P.; PISSARIDI, K.; BEKATOROU, A.; KANELLAKI, M.; KOUTINAS, A. A. Dairy and non-dairy probiotic beverages. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 58–63, 2016.

KAREB, O.; AİDER, M. Whey and its derivatives for probiotics, prebiotics, synbiotics, and functional foods: a critical review. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 11, n.2, p.348-369, 2019.

KELLER, T.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **European Journal of Forest Pathology**, v.7, p. 338-350, 1977.

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.

KÜSTER-BOLUDA, I.; VIDAL-CAPILLA, I. Consumer attitudes in the election of functional foods. **Spanish Journal of Marketing-ESIC**, v. 21, p.65-79, 2017.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

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.

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

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

LINS, A. D.; ROCHA, A.; GOMES, J. P.; FEITOSA, R. M.; ARAUJO, G. T.; SANTOS, D. D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 562-567, 2017.

MALEKI, M.; SHAHIDI, F.; VARIDI, M. J.; AZARPAZHOOH, E. Hot air drying kinetics of novel functional carrot snack: Impregnated using polyphenolic rich osmotic solution with ultrasound pretreatment. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 2, p. 1-11, 2019.

MARTINS, F. P.; NETO, J. C. B.; SILVA, A. J. O.; DE OLIVEIRA SIQUEIRA, A. M. Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, p.600-607i, 2020.

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.

MENSINK, M. A.; FRIJLINK, H. W.; VAN DER VOORT MAARSCHALK, K.; HINRICHS, W. L. How sugars protect proteins in the solid state and during drying (review): Mechanisms of stabilization in relation to stress conditions. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 114, p. 288- 295, 2017.

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Brazilian Journal of Biology**, 77, 542-552, 2017.

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.

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

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.

NGUYEN, N.; NGUYEN, H. V.; NGUYEN, P. T.; TRAN, V. T.; NGUYEN, H. N.; NGUYEN, T. M. N.; NGUYEN, T. H. Some key factors affecting consumers' intentions to purchase functional foods: A case study of functional yogurts in Vietnam. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 24, 2020.

NOSRATI, R.; M. HASHEMIRAVAN; M. TALEBI. Fermentation of vegetable juice by probiotic bacteria. **International Journal of Biosciences**, v. 4, n. 3, p. 171-180, 2014.

NOWAK, D.; JAKUBCZYK, E. The freeze-drying of foods—The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. **Foods**, v. 9, n. 10, p. 1488, 2020.

NYSTRAND, B. T.; OLSEN, S. O. Consumers' attitudes and intentions toward consuming functional foods in Norway. **Food Quality and Preference**, v. 80, 103827, 2020.

OLIVEIRA, A. da S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; BRITO, J. G. de. Estabilidade da polpa do *Cereus* jamacaru em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C. da; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059–1064, 2014.

OLIVEIRA, M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; DIÓGENES, A. D. M. G.; DE SOUSA, A. B. B.; VASCONCELOS, U. A. A. Caracterização físico-química de polpas de manga ‘Rosa’ liofilizadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 5, p. 902-906, 2017.

OMAE, J. M.; GOTO, P. A.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, S. S.; PARAISO, C. M.; MADRONA, G.; BERGAMASCO, R. D. C. Beetroot extract encapsulated in inulin: Storage stability and incorporation in sorbet. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 1843-1848, 2017.

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

PAIVA, E. M. O.; DE MEDEIROS, A. L. Q.; DE MEDEIROS, M. D. F. D.; DANTAS, J. M. M. Produção de pó de beterraba pelo secador leito de jorro com diferentes quantidades de adjuvantes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 59547-59554, 2021.

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.

ROCHA, A.P.T.; ALSINA, O.L.S.; FLÁVIO, V.S.S.; SILVA, F.L.H. 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.

ROSSINI, B. C.; DE MORAES, M. L. T.; MARINO, C. L. Complete chloroplast genome of *Myracrodruon urundeuva* and its phylogenetics relationships in Anacardiaceae family. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 27, n. 4, p. 801-814, 2021.

SAAD S. M. I; CRUZ A. G; FARIA J. A. F. **Probióticos e prebióticos em alimentos fundamentos e aplicações tecnológicas**. São Paulo, Editora Varela, p. 669, 2011.

SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Food Science & Technology**, v. 65, p. 49–67, 2017.

SILVA, B. M.; SANTOS, R. P.; MENDES, L. S.; PINHO, P. G.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P. B. *Dracaena draco* L. fruit: phytochemical and antioxidante activity assessment. **Food Research International**, v.44, p. 2182-2189, 2011.

SILVA, D.; PAGANI, A.; SOUZA, R. Elaboração de cupcake adicionado de farinha de resíduo de umbu cajá: características sensoriais e químicas. **Ciência (In) Cena Bahia**, v. 1, n. 7, p. 28-46, 2018.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. 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.

SILVA, J. N.; COSTA, A. B. da; SILVA, J. V.; ALMEIDA, C. DNA barcoding and phylogeny in neotropical species of the genus *Spondias*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 61, p. 240-243, 2015.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E.; ARAGÃO, F. A. S.; SILVA, S. M.; MAIA, L. K.; NOGUEIRA, D. H. Qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da Microrregião de Iguatu, CE. **Scientia Plena**, v.7, p.1-7, 2011.

SILVA, L.R. Caracterização física de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.13, n.2, p.151-157, 2014.

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-ESPINOZA, M. A.; AYED, C.; FOSTER, T.; CAMACHO, M. D. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. The impact of freeze-drying conditions on the physico-chemical properties and bioactive compounds of a freeze-dried orange puree. **Foods**, v. 9, n. 1, p.32, 2020.

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

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

SOARES, A. C.; PEREIRA, N. R. Secagem da polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) em secador de leito de jorro: efeito da clara de ovo como agente carreador de secagem na qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

SOUSA, A. S. D.; SOARES, K. M. D. P.; GÓIS, V. A. D.; FREIRE, B. C. F. Qualidade microbiológica e físico-química de polpas de umbu-cajá e cajá comercializadas em Mossoró, RN. **Higiene alimentar**, v. 31, n. 272/273, p. 42-46, 2017.

SOUSA, F.; SILVA, L.; MOREIRA, I.; CASTRO, D.; PEREIRA, D.; ALVES, A. Estudo Comparativo da Bioatividade frutífera de *Spondias*. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 1, p.184-187, 2019.

SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; AMORIM, B. C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo de maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 987-992, 2010.

STEELE, E. M., RAUBER, F., COSTA, C. D. S., LEITE, M. A., GABE, K. T., LOUZADA, M. L. D. C., MONTEIRO, C. A. Changes in the diet in the NutriNet Brasil cohort under COVID-19. **SciELO Preprints**, 2020.

TELES, A. S. C.; CHÁVEZ, D. W. H.; GOMES, F. S.; CABRAL, L. M. C.; TONON, R. V. Effect of temperature on the degradation of bioactive compounds of *Pinot Noir* grape pomace during drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017059, 2018.

TERRONI, H. C.; JESUS, J. M.; ARTUZO, L. T.; VENTURA, L. V.; SANTOS, R. F.; DAMY-BENEDETTI, P. C. Liofilização. **Revista científica Unilago**, v1, p. 271-284, 2013.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **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.

USCANGA, M. A.; SALVADOR, A.; DEL MAR CAMACHO, M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Impact of freeze-drying shelf temperature on the bioactive compounds, physical properties and sensory evaluation of a product based on orange juice. **International Journal of Food Science & Technology**, 2021.

USP 29- United States Pharmacopeia. Rockville: United States Pharmacopeial Convection, p. 2369-2640, 2006.

VALENTINA, V.; PRATIWI, A. R.; HSIAO, P. Y.; TSENG, H. T.; HSIEH, J. F.; CHEN, C. C. Sensorial characterization of foods before and after freeze-drying. **Austin Food Sciences**, v. 1, n. 6, id1027, 2016.

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

VIANA, E. D. S.; MAMEDE, M. E. D. O.; REIS, R. C.; CARVALHO, L. D. D.; FONSECA, M. D. Development and evaluation of dietetic and conventional jam of umbu-caja (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 708-717, 2015.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazil Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.